



## **Opdræt af tunge (Solea solea) - undersøgelse af mulighederne for kommercialisering**

**Pedersen, Per Bovbjerg; Lund, Ivar; Steinfeldt, Svend Jørgen; Overton, Julia Lynne; Nunn, Mads**

*Publication date:*  
2008

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Pedersen, P. B., Lund, I., Steinfeldt, S. J., Overton, J. L., & Nunn, M. (2008). *Opdræt af tunge (Solea solea) - undersøgelse af mulighederne for kommercialisering*. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 200-08  
[http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter\\_siden\\_2008](http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter_siden_2008)

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# **Opdræt af tunge (*Solea solea*)**

## **- undersøgelse af mulighederne for kommercialisering**

Per Bovbjerg Pedersen, DTU Aqua  
Ivar Lund, DTU Aqua  
Svend Jørgen Steinfeldt, DTU Aqua  
Julia Lynne Overton, DTU Aqua  
Mads Nunn, AU/DTU Aqua

Projekt finansieret af Den Europæiske Unions Fiskerisektorprogram FIUF og  
Fødevareministeriet

Marts 2008

DTU Aqua-rapport nr. 200-08

ISBN 978-87-7481-091-9

<b>OPSUMMERING OG KONKLUSION .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUKTION .....</b>	<b>4</b>
UDBREDELSE OG OPDRÆT AF TUNGE .....	5
<b>MODERFISK.....</b>	<b>5</b>
BAGGRUND.....	5
GONADEUDVIKLING .....	6
FEKUNDITET .....	8
FANGST AF MODERFISK .....	9
DESINFEKTION AF MODERFISK OG ÆG .....	10
HOLD AF MODERFISK I OPDRÆTSANLÆG.....	10
MODERFISK OG ANLÆG I DANMARK.....	11
FODRING.....	12
SLUTMODNING AF FISK.....	13
GYDNING .....	13
ÆG-STØRRELSE, -KLÆKKEEVNE OG -FEDTSYREPROFILER.....	15
<b>LARVEOPDRÆT .....</b>	<b>19</b>
LARVEOPDRÆT I EKSTENSIVE OG INTENSIVE ANLÆG .....	19
DET ANVENDTE INTENSIVE ANLÆG.....	20
LARVER, STARTFODRING OG ERNÆRINGSKRAV .....	20
ANVENDELSE AF FORSKELLIGE TYPER FODERDYR .....	233
SAMMENLIGNING AF LEVENDE FODER: HJULDYR OG ARTEMIA .....	233
FORSØG MED ANVENDELSE AF 3 TYPER LEVENDEFODER .....	26
BETYDNING AF ESSENTIELLE FEDTSYRER FOR PIGMENTERING AF TUNGE-LARVER .....	277
<b>TØRFODER-TILVÆNNING (WEANING).....</b>	<b>32</b>
SAMMENLIGNING AF FODERTYPER.....	33
<b>YNGEL- OG ONGROWING-FASEN.....</b>	<b>34</b>
VÆKST.....	344
LÆNGDE-VÆGT RELATIONER.....	35
TÆTHEDSAFHÆNGIG VÆKST.....	36
FODERKONVERTERING.....	411
INDFODRING, TILVÆKST OG FODERKONVERTERING .....	411
BETYDNING AF SALTHOLDIGHED .....	422
TEMPERATUR.....	444
GENERELLE KOMMENTARER.....	488
<b>REFERENCER.....</b>	<b>50</b>
<b>BILAGSOVERSIGT .....</b>	<b>54</b>

## Opsummering og konklusion

Der er i dette projekt undersøgt og belyst en lang række faktorer af betydning for et forhåbentligt kommende kommercielt opdræt af tunge (*Solea solea*).

Tunge er en meget eftertragtet spise på det europæiske marked, og den indbringer meget høje priser på et marked, der karakteriseres som stabilt og efterspørgende. Der er normalt efterspørgsel for mange forskellige størrelser, startende så lavt som 125 g/stk., men de bedste priser opnås generelt for lidt større fisk.

Den høje kvalitet, det store marked og – nok især – den høje pris, har betydet allerede tidlig interesse (1970-erne) i mulighederne for opdræt af tunge. Disse tidlige forsøg blev dog kraftigt hæmmet af praktiske problemer med især yngelproduktion og sygdomsproblemer. Især ”Black patch nekrosis” var et problem, men denne sygdom har siden vist sig at være relateret til mangelfuld ernæring. Fra sidst i 1990-erne, er der igen blevet stor interesse i opdræt af tunge.

I dette projekt og relateret aktivitet på DTU Aqua er der gennem flere år med succes blevet produceret æg og yngel af tunge. Størstedelen baseret på gydninger fra vildtfangne fisk, men i de sidste to år er det lykkedes at få egne, opdrættede tunger til at gyde (F1-generation). Muligheden for således komplet at lukke opdrætscyklus er meget interessant set fra en opdrætsvinkel, idet man hermed opnår dels en række praktiske fordele dels muligheden for at selekttere på moderfiskene og udvælge f.eks. de hurtigst -voksende, som har vist sig at begå sig godt i kar. Derved kan man påbegynde en domesticering, som for mange andre arter har vist sig at føre til en produktionsmæssig fremgang på 20-30 % allerede inden for få generationer.

Metoder til kommerciel produktion af yngel er blevet demonstreret, og flere af de tidligere problemer med produktion af yngel må siges at være løst. Herunder er det specifikt blevet påvist, hvorledes fejlpigmentering kan skyldes den ernæringsmæssige sammensætning (fedtsyrer) af larvens føde i et givent tidsinterval. Med det rette anlæg og korrekt metode, må selve larveopdrættet nu karakteriseres som generelt uproblematisk, sammenlignet med mange andre marine fiskearter.

Tørfodertilvænningen er også relativt uproblematisk, og takket være ny-udviklet foder specielt til formålet, kan der opnås god initial vækst og lav dødelighed under tilvænningsprocessen.

I juvenil- og on-growing faserne ”arter” tunger sig meget pænt. De er rolige og nemme at holde, rammes meget sjældent af sygdomme og går generelt godt i recirkulationsanlæg.

I rapporten er beskrevet talrige forsøg, hvor mange nøgleparametre er fastlagt og betydningen af andre vigtige drifts-parametre er undersøgt og beskrevet. Eksempelvis kan nævnes væksthastighed, specifik  $m^2$ -produktion, tæthedsafhængighed, betydning af temperatur og vandets saltholdighed. Alle emner som bliver behandlet i rapporten og yderligere underbygget i bilag hertil.

Af fortsat vigtighed for et egentligt kommercielt gennembrud for arten i dansk opdræt er tre faktorer: 1) opbygning af egen opdrættet gydebestand (F1 og siden F2-generation) med tidsforskudt gydning 2) udvikling af et egentligt tungefoder – flere kommercielle foderfirmaer er heldigvis i gang med dette samt 3) fastlæggelse af årsager til og metoder til forbedring af

den tæthedsafhængige vækst. I Danmark burde tunge herefter kunne blive en vigtig ny art i opdræt baseret på recirkulationsteknologi.

## Introduktion

I bestræbelserne på at afdække mulighederne for opdræt af nye arter i akvakultur er der på Danmarks Fiskeriundersøgelser i Hirtshals (pr. 1 januar 2008: Institut for Akvatiske Ressourcer, DTU–AQUA) gennemført et flerårigt projekt med undersøgelser af de kommercielle muligheder for opdræt af almindelig tunge (*Solea solea*). Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra EU's fiskerisektorprogram FIUF og fødevareministeriet. Der takkes hermed for den tildelte bevilling.

Da tilmed markedet for tunge har et anseligt volumen, har arten fra marin fiskeopdræts tidlige dage i 70'erne tiltrukket sig opmærksomhed. Disse tidlige forsøg slog dog fejl primært på grund af besværligheder med larveopdrættet og manglende foderteknologi, som resulterede i ernæringsrelaterede sygdomsproblemer.

Disse tekniske problemer er imidlertid blevet løst i mellemtiden, og tiden er derfor moden til at fastlægge om tungeopdræt nu kan kommercialiseres (Howell, 1997; Dinis et al. 1999). Der vil samtidigt være gode muligheder for at forskellige aspekter af dansk teknologi og know-how kan bidrage til imødegåelse af problemer vedr. opdrættet.

Projektets formål var at belyse forskellige praktiske problemstillinger og begrænsninger for kommercielt opdræt af tunger, omfattende områder fra moderfisk over æg larver og yngel til juvenile stadier og produktions fisk. Alt som nævnt med henblik på at undersøge, om arten var kommercialiseringsmoden for opdræt i anlæg baseret på intensiv recirkulationsteknologi.

I udgangspunktet er tunge som nævnt yderst interessant og relevant, da det er en særdeles attraktiv spisefisk, som er højt værdsat i det meste af Europa. Næsten al handel er i dag baseret på vildfangne fisk og til trods for et relativt begrænset marked findes der ikke arter, der kan substituere tunge (Rodgers, 2005). Dette muliggør en konstant efterspørgsel og deraf følgende høj prissætning, typisk med førstehåndspriser over 100 kr./kg for kvalitetsfisk, med markante prisforøgelser på de sydeuropæiske markeder afhængig af sæson samt f.eks. mulighed for levering af levende fisk til markedet.

Tunge er en varmekrævende art og er derfor velegnet til opdræt i recirkulations-systemer. De tidligere sete tekniske vanskeligheder i yngelopdrættet og ernæring syntes at være overkommet og tunge vil derfor være en meget potentiel kandidat i dansk akvakultur, også fordi dansk recirkulationsteknologi er førende i verden og er en forudsætning for kommerciel opdræt af tunge på vore breddegrader. Projektet har afprøvet en række metoder til opdræt af yngel af tunge samt det videre opdræt til konsumstørrelse. Samtidig er der indhentet dokumentation for forskellige fodertypers og drift parametres effekt på vækst og overlevelse.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem hhv. Bornholms Lakseklækkeri, Venø Fishfarm, Bio/consult as og DTU Aqua (i.e. tidligere Danmarks Fiskeriundersøgelser).

## ***Udbredelse og opdræt af tunge***

Alm. tunge (*Solea solea*), også kaldet ægte tunge el. gråtunge, er udbredt fra Nordvest-Afrika i syd til det Irske hav, Nordsøen, Skagerrak og Kattegat i nord.



I Nordsøen er bestanden vurderet til at være i fare for at være under den bæredygtige kapacitet. Den anslåede biomasse er under 30.000 tons og anbefalingerne fra ICES (2006) er en bestand på min. 35.000 t. I visse Sydeuropæiske lande som Spanien og Portugal eksisterer i dag et mindre opdræt af den nære slægtning *Solea Senegalensis*, som primært forekommer i Middelhavet og til dels Atlanterhavet.

### *Udbredelse af tunge (Solea solea)*

Alm. tunge kunne derfor ligeledes være velegnet til produktion i akvakultur i Nordeuropa, dog primært i anlæg med recirkulation, da væksten er afhængig af temperaturen, med optimal temperatur på ca. 18-20° C, som uproblematisk kan opretholdes via recirkulering. Alm. tunge har tidligere været forsøgt i opdræt i 1960-70-erne, dog med begrænset succes som følge af utilstrækkelig yngelproduktion og ernæringsrelaterede sygdomsproblemer. I IJmuiden, Holland, findes i dag et kommercielt recirkuleret anlæg (SOLEA BV) med intensiv produktion af alm. tunge med en anslået produktion på 30 tons/år og en forventet fremtidig produktion på ca. 100 tons/år. (bilag XII)

## **Moderfisk**

### ***Baggrund***

I en undersøgelse af potentialet for opdræt af nye arter i marin akvakultur er det af stor betydning at fokusere på moderfiske/gydebestanden

I akvakultur sker reproduktion af de primære marine opdrætsarter i Europa, laks (*Salmo salar*), havbars (*Dicentrarchus labrax*) og guldbrasen (*Sparus aurata*) fra opdrættede moderfisk. Disse er oftest selekteret gennem talrige generationer på baggrund af specifikke egenskaber som hurtig vækst, sygdomsresistens m.v.

For nye arter i akvakultur vil reproduktionen initielt typisk være baseret på vildfangne moderfisk (Gjedrem, 2000). For alm. tunge er erfaringerne derfor begrænsede mht. reproduktion fra opdrættede moderfisk, men for den nære slægtning Senegal-tunge er den kommercielle produktion i dag influeret af manglende succes med at reproducere opdrættede moderfisk og følgelig er produktionen fortsat afhængig af vildfangne moderfisk.

Dette er på sigt ikke hensigtsmæssigt, da øget domesticering og mulighed for udvælgelse af moderfisk / avlsarbejde vil være væsentlige kriterier for at øge mulighederne for et bæredygtigt opdræt af nye arter.

På kortere sigt er den ernæringsmæssige tilstand og trivsel af moderfiskene ligeledes en forudsætning for opnåelse af succes med reproduktionen. En uforudsigelig gydning med uensartet og varierende ægkvalitet er således en afgørende begrænsende faktor for masseproduktion af yngel. Det er derfor en forudsætning for opnåelse af god kvalitet af æg, at moderfisk holdes i systemer som tilgodeser fiskenes krav til dels basale forhold som temperatur og ilt, men også til mere adfærdsbetingede forhold som tæthed, vanddybde, hvilemuligheder, døgnrytmer og årstidsvariationer m.m.

En første forudsætning for at kunne opfylde fiskenes krav er viden om deres reproduktionsbiologi.

På trods af betydningen af disse forhold er der ikke meget artsspecifik viden om mange af de arter, der i dag dyrkes i akvakultur, således heller ikke om tunge.



Hovedparten af marine fiskearter herunder tunge tilhører gruppen af pelagophile gydere som gyder pelagiske æg frit svævende i vandmasserne (Blaxter 1988). Andre typiske pelagophile gydere er eksempelvis torsk (*Gadus morhua*), pighvar (*Psetta maxima*) og helleflynder (*Hippoglossus hippoglossus*).

Gruppen er kendetegnet ved at producere meget høje antal æg, op til hhv. 14, 18 og 1,5 millioner æg per individ. Størrelsen på æggene er for torsk, pighvar og tungs vedkommende omkring 1-2 mm.

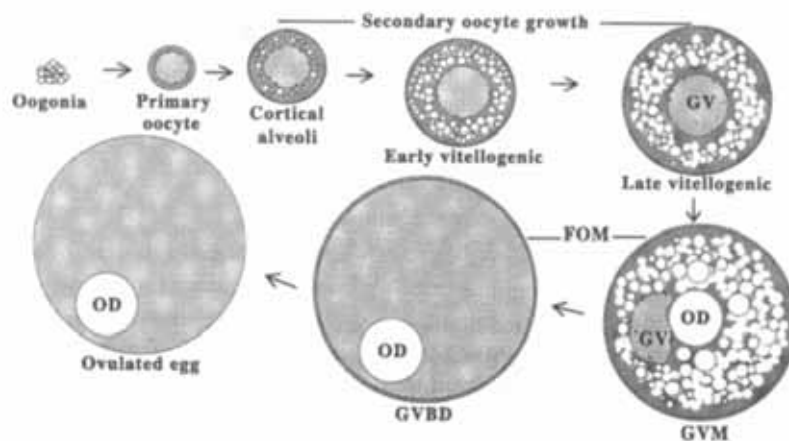
Figur 1. Tunge-moderfisk fanget i Skagerak.

## **Gonadeudvikling**

Hos tunge er hunnernes ovarier todelte og samles umiddelbart før gattet. Ovarierne er af den lukkede type, hvor oocytterne (tidlige æg-stadier) efter ovulationen ligger indesluttet i en sæk. Hos hannerne er de parrede testikler trekantede i tværsnit og ligger tæt op mod fiskens overside.

Under udviklingen af gonaderne vil gonadevævet differentiere sig i oogonier hos hunner og spermatogonier hos hanner. Tunger er gonochoristiske, dvs. de er ikke i stand til at skifte køn.

Ægudviklingen vil påbegyndes ved at celler migrerer ind i ovarierne og danner oogonier. Disse vil dele sig et antal gange ved mitose og herved danne de tidlige stadier af oocytter. Herefter vil hver oocyt påbegynde meiosen som skal danne ægget med det halve sæt kromosomer. Meiosen vil dog ikke blive fuldt gennemført før den standses. Oocytten vokser derefter i størrelse ved optag af blommemasse. Hovedbestanddelen af blommemassen er vitellogenin og har givet navn til processens navn; vitellogenese.



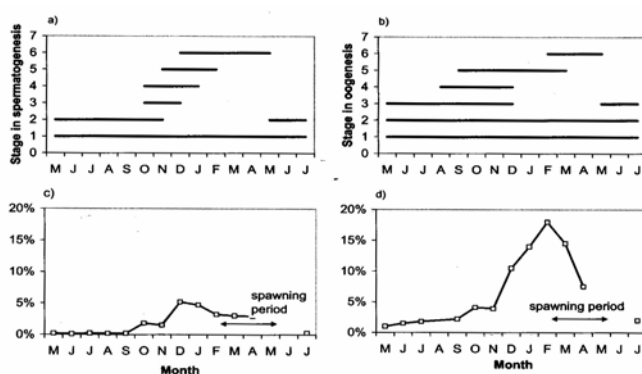
Figur 2. Forskellige stadier af oocytter under udviklingen af ovariet hos fisk.  
Fra: Khan & Thomas (1999).

Det er under vitellogenese, at størsteparten af æggets tilvækst finder sted, og derfor den periode hvor allokeringen af næringsstoffer fra moderfisken til ægget sker.

Vitellogenese strækker sig fra ca. 5 måneder efter gydning og helt frem til den efterfølgende gydeperiode. Det er væsentligt, at moderfiskene under denne periode har de nødvendige næringsstoffer til rådighed for at kunne allokere den optimale næring til æggene.

I praksis kan dette være vanskeligt at tilgodese, idet en stor del af denne periode ligger om vinteren (Figur 3). Fødeindtaget i vinterperioden er lavt og allokeringen af næring til æggene er begrænset. Den nødvendige næring til vitellogenese skal derfor i naturen være optaget i fisken allerede i den foregående sommer umiddelbart efter gydningen og frem til efterårstemperaturerne medfører lavere aktivitet og fødeudbud.





Figur 3. Skematisk fremstilling af gonadeudviklingen hos rødspætte i relation til årstid. (a). Spermiogenesen. (b) Oogenesen. (c) gonadeindeks for hanner. (d) gonadeindeks for hunner. Stadierne for spermiogenesen er: 1, Spermatogonier; 2, mitotiske delinger synlige i spermatogonier; 3. primære spermatocyster; 4, sekundære spermatocyster; 5, spermatidet; 6, spermatozoer. Stadierne for oogenesen

er: 1, oogonier; 2, primære oocytter; 3, blomme forstadier; 4, tidlig vitellogenese; 5, sen vitellogenese; 6, modne gonader. Fra Gibson (2005)

Når oocytterne har nået en vis størrelse standser vitellogenesen. Den endelige modning kræver en hormonal stimulering og indledes med videreførelse af den tidligere påbegyndte meiose. Oocytten frigøres fra gonadevævet og svulmer ved optagelse af betydelige mængder vand. Den ligger nu frit i ovariet og er efter den endelige hydrering klar til befrugtning.

Hos hannen påbegyndes dannelsen af spermatocyster ved normal celledeling længe før gydningen. Modningen indledes med meiotiske delinger af spermatocysterne som efterfølgende omdannes til sperm som tilføres væske fra milten og som før befrugtningen ligger i en spermkanal.

Spermen frigives over en længere periode for portionsgyderes vedkommende.

Frigiven sperm vil aktiveres ved kontakt med vand og er meget kortlivet. Dette er af væsentlig betydning ved strygning af fisk, hvor det bør undgås, at spermen kommer i kontakt med vand før den overføres til æggene.

Mange marine arter inklusive tunge er portionsgydere (batchgydere). I gonaderne findes oocytter eller forstadier til sæd på flere forskellige udviklingstrin før og under gydeperioden.

## Fekunditet

Fekunditeten eller gydepotentialer er defineret som antallet af udviklingsmæssigt fremskredne æg. Hos alm. tunge er fekunditeten for en 35 cm fisk omkring 2 millioner æg ud for Portugals kyst og op til 4,5 millioner æg i den sydøstlige del af Nordsøen. Der er dog ikke altid sammenhæng mellem fekunditeten og det egentlige antal frigivne æg. En del af oocytterne vil standse i udvikling og blive reabsorberet i fisken ved at deres membran opløses og æggene disintegrerer. Cytoplasmaet og blommehmassen løber ud i ovariet og kan delvis optages i fisken igen. Processen kan ske både tidligt og sent under vitellogenesen.

Hos tunge sker der ofte en betydelig reabsorbering tidligt i gydeperioden (Witthames et al. 1999.) Witthames & Greer Walker (1995) fandt også, at det hos tunge hovedsageligt var oocytter i det previtellogene stadie, som blev reabsorberet. Dette er muligt, idet tunge som nævnt er batchgydere med en asynkron modning af oocytterne, og derfor har oocytter på

forskellige stadier i ovarierne i gydeperioden. Det metaboliske tab ved reabsorption af tidlige stadier af oocytter er mindre end ved reabsorption af senere stadier. Det er vist, at tunge i en gydesæson i gennemsnit reabsorberede 28 % af gydepotentialet (Amstrong et al. 2001).

Årsagen til reabsorption er ikke velundersøgt, men det virker oplagt, at det kan være en fordelagtig strategi at besidde potentialet til at kunne udnytte gunstige betingelser, men også være i stand til at gyde færre æg, hvis forholdene ikke tillader fuld udnyttelse af potentialet.

Det er vist for tunge (Ramsay & Witthames, 1996) og pighvar (Bromley et al., 2000), at reabsorption er særligt udtalt for førstegangsgydere.

En høj reabsorption af æg kan ifølge Hunter & Macewicz (1985) ses som et udtryk for ringe vilkår for fiskene. Dette kan evt. anvendes som et kvalitetsmål for forholdene for moderfisk i opdræt.

Hunner skal allokere en større energimængde til produktion af æg end hannerne skal for produktion af sæd. Eftersom fekunditeten for hunner vokser lineært som funktion af vægten af hunnerne, vil det ikke være en fordel at nedsætte væksten. Det forholder sig anderledes med hanner som kan producere tilstrækkeligt med sæd allerede fra en relativt beskeden størrelse. Hannerne vil derfor ikke, efter en given størrelse er nået, have glæde af yderligere tilvækst, hvorfor hannerne som oftest også er noget mindre end hunnerne.

## ***Fangst af moderfisk***

Ved påbegyndelsen af arbejdet med nye arter, fiskes moderfisk som nævnt oftest i naturen og overføres til akvakulturanlæg, og en lignende tilgang blev anvendt i nærværende projekt. Moderfisk af tunge kan enten fiskes umiddelbart før gydning eller holdes i landbaserede faciliteter året rundt. Ved at overføre moderfisk til produktionsanlægget umiddelbart før gydningen minimeres betydningen af evt. negative forhold i produktionsanlægget. Fiskene kan størrelses/kønssorteres under fiskeriet, og det er muligt at indhente moderfisk med den ønskede modningsgrad ved at tilrettelægge fiskeriet til det rette tidspunkt på året oftest afhængig af vandtemperaturen.

En betydelig dødelighed af moderfisk i ugerne efter fiskeriet er tidligere beskrevet. Devauchelle et al. (1987) nævner 50 % dødelighed som typisk. Dødeligheden kan dog reduceres ved at fiskeriet gennemføres så skånsomt som muligt, hvilket blev bekræftet i nærværende studie (Lund et al., 2008a). Garnfiskeri er således en skånsom metode, hvis fiskeriet målrettes efter fangst af moderfisk og derfor tømmes få timer efter, at det er sat. Dette sker oftest om natten, hvor fiskene er mest aktive. Fiskeri af moderfisk umiddelbart før den naturlige gydning er således en mulighed, som udmærket kan anvendes for tunge.

Der tages dog i litteraturen forbehold for fangst af moderfisk umiddelbart inden gydesæsonen, en adaptationsperiode på op til 3 år forudsættes før maksimal produktion af æg finder sted (Devauchelle et al., 1987). Det er ligeledes for rødspætte vist, at kvaliteten af æggene målt i form af larveoverlevelse er højere hos akklimatiserede moderfiskebestande end hos bestande som lige er fisket (Bowers, 1966).

Fiskeri umiddelbart før gydningen kan øge fiskenes stress, og påvirke gydningsadfærd og ægkvalitet, hvilket kan være årsag til en meget varierende og ofte lav overlevelse af befrugtede æg. Det er hævdet, at fiskeri umiddelbart før gydning giver anledning til reabsorption af gonaderne (Girin 1979), hvilket er ensbetydende med, at fiskeriet bør gennemføres i efteråret og vinteren. I dette projekt har det dog vist sig, at fiskeri umiddelbart før gydning er en metode som kan anvendes (Lund et al., 2008a), og det har i de senere initiativer i hhv. Danmark og Holland været den bedste mulige metode, idet opdrættede moderfisk ikke tidligere har eksisteret. Vi har dog i løbet af dette projekt været i stand til at få anvendelige gydninger af egne opdrættede moderfisk (F1), hvilket åbner nye, positive perspektiver for et kommende opdræt.

### **Desinfektion af moderfisk og æg**

Desinfektion af vilde moderfisk med henblik på fjernelse af ektoparasitter er nødvendig. De vilde tunger (vilde fisk i det hele taget) udgør således en sygdomsbetinget risiko i opdrætsanlæg, især i anlæg med en høj grad af recirkulering. En risiko som kraftigt minimeres ved brug af opdrættede moderfisk.

Vilde tunger er ofte inficerede med trematoden *Entobdella solea* og parasitten *Hemibdella solea* samt copepoden *Lernaocera branchialis* (Slinn, 1970).

Ferskvand kan fjerne de to første, men i praksis anvendes et bad i 40-80 ppm formalin i en halv time. Dette har også har en gavnlig effekt på mulige bakterielle infektioner afledt af garnfangsten og kan i nærværende projekt have været medvirkende årsag til den relativt lave dødelighed i ugerne efter fangsten.

Afstrygning af æg af modne tunger har givet dårlige resultater med lav ægkvalitet og overlevelse, derfor benyttes primært naturlig gydning i vandfasen, hvorefter æggene opsamles. Denne procedure kan nødvendiggøre en yderligere desinfektion af de opsamlede æg før inkubering.

### **Hold af moderfisk i opdrætsanlæg**

Baynes *et al.* (1993) beskriver hold af tunge-moderfisk på 6 forskellige forsøgsstationer i Europa. Der er typisk anvendt kar med et volumen på mellem 4 og 25 m<sup>3</sup> med en vanddybde på mellem 0,7 og 1 m.

Anvendelse af sand i bunden af karrene kan være en mulighed for at give fiskene mulighed for at grave sig ned og således udvise naturlig adfærd. Devauchelle *et al.* (1987) og Lenzi & Salvatori (1989) anvendte sand i karrene, men påviste ikke at dette skulle have en gavnlig effekt. Hvorvidt sandet kun har adfærdsmæssig betydning eller om det har indflydelse på slimlag m.m. er ikke undersøgt.

Baynes *et al.* (1993) og andre har fravalgt sandet og har holdt fisk i gennem 5 år uden indikationer på negative effekter eller reducerede mængder æg produceret. SOLEA BV i

Holland benytter dog altid sand som bundsubstrat og hævder (dir. Andries Kamstra, pers. kommunikation), at det har betydning for fiskenes velfærd og minimerer dødelighed. DTU Aqua anvendte for første gang sand i år 2008 og har p.t. ikke undersøgt betydningen nærmere, men det blev konstateret, at antallet af æg batches med en høj overlevelse var langt højere end tidligere observeret (2003-2007) !

I de fleste anlæg anvendes gennemstrømmende vand med en vandudskiftning svarende til mellem 1 og 4 kar-volumener dagligt. Saltholdigheden har været 33 ppt saltvand. Der har dog været anvendt saltholdigheder ned til 26 ppt uden negative effekter (Baynes *et al.*, 1993).

Temperaturforholdene ved de europæiske forsøgsopdræt har været relativt ens med vintertemperaturer ned til omkring 3° C og sommertemperaturer op omkring 20° C. Temperaturen er afgørende for, hvornår gydning finder sted. Fisk fanget i Nordsøen påbegynder gydningen ved omkring 8° C. (i.e. erfaringer, dette projekt). Optimal gydetemperatur er blevet beskrevet til ca. 10.5° C (Devauchelle, 1987). I en undersøgelse af kvaliteten af gydninger over en gydesæson blev der konstateret en øget overlevelse af æg gydt ved vandtemperaturer over 11° C, (Lund *et al.*, 2008a) men dette kræver yderligere undersøgelser. Gydning ophører ved temperaturer over 14,5° C.

Lysforhold er den primære mekanisme bag gyde-cyklus, men der er påvist klare sammenhænge mellem lokalt svingende temperaturforhold og gydetidspunkter, som ikke kan have været influeret af lyset. Tidspunktet for gydningen er således et samspil mellem daglængde og temperaturforhold.

Der har været anvendt både naturligt lys og elektrisk lys uden at dette ser ud til at være afgørende for gyde succesen.

Moderfisk holdes traditionelt ved tætheder på 1 til 4 kg pr. m<sup>2</sup> (Dinis *et al.*, 1999), svarende til mellem 1 og 6 fisk pr. m<sup>2</sup>, og med 3-4 hunner pr. han. Hos tunge er der ingen ydre morfologiske tegn på køn, men lige inden gydesæsonen kan hanner skelnes fra hunner, da ovariet i disse svulmer voldsomt op og tydeligt kan iagttages. Hanner er endvidere typisk mindre end hunner.

## ***Moderfisk og anlæg i Danmark***

Der er etableret tunge-gydebestande både i Danmark (ved hhv. DTU Aqua og det private firma Maximus A/S) og i udlandet (f.eks. SOLEA BV i Ijmuiden, Holland). SOLEA BV anvender akklimatiserede vildfangne moderfisk. DTU Aqua har såvel vildfange som egne 1. generations opdrættede moderfisk (F1-generation). Som omtalt er det meget ønskværdigt, at forsyningen med æg til akvakulturproduktion på sigt sker på grundlag af domesticerede stammer af egne moderfisk, hvorfor projektets succes med F1-generationen da også har medført betydelig interesse.

Nærværende projekt etablerede i 2003 en udendørs facilitet til moderfisk i Hirtshals. Anlægget bestod af 2 stk. 7 m<sup>3</sup> kar som blev forsynet med filtreret Nordsøvand (33 ppt). Karrene var 3 m i diameter; med en svag konisk bund. Vanddybden ved siderne i karret var 1,3 m og i midten omkring 1,6 m. Anlægget blev etableret som et gennemstrøms anlæg. Karrene blev overdækket

med fintmasket net for at reducere solens påvirkning af fiskene i karret. Skønt der blev god gydning i karrene, blev det dog alligevel skønnet, at karrene var for små ligesom den skrånende bund var uhensigtsmæssig for fiskene. Hertil kom flere uhensigtsmæssigheder ved den udendørs placering.

I 2004 blev der derfor anskaffet 3 stk. 3x3 m firkantede kar med flad bund og en vanddybde på 1,6 m og disse blev opsat i en uisoleret bygning med naturligt lysindfald. Karrene blev ligeledes forsynet med gennemstrømmende vand, filtreret fra Nordsøen.

Venø Fish Farm etablerede ligeledes i 2004 et moderfiskeanlæg. Anlægget bestod af 4 stk. 4 m<sup>3</sup> kar med egen vandforsyning fra Limfjorden. Anlægget blev etableret som et recirkulationsanlæg med lav grad af recirkulering. I dette anlæg blev isat omkring 100 vildfangne fisk fra Nordsøen.

Fiskene i anlægget i Hirtshals har produceret æg hver gydesæson, men der har hvert år været en meget stor udskiftning af de vildfangne fisk på grund af løbende dødelighed, primært i vinterperioden. Derimod har vore opdrættede 1. generations moderfisk (i 2008: 5-årige) haft en meget lav mortalitet, også i vinterperioden, hvilket igen understreger fordelene ved egen opdrættet moderfiske-bestand.

## **Fodring**

Undersøgelser har vist at maveindholdet hos vildtfangne tunger er domineret af orm (polychaeter). Herudover er der en del mindre krebsdyr (i.e. copepoder, amphipoder og isopoder) (Drake and Arias, 1989; Bernado (1990).

Tidligere erfaringer med opdrættede tunger har vist, at der kan opnås bedre gyderesultater, hvis fiskene fodres med friskt foder sammenlignet med kogte produkter. Devauchelle *et al.* (1987) påviste manglende ægproduktion som følge af overgang fra friske blåmuslinger og polychaeter til kogte blåmuslinger. Proteinet kasein viste sig at kunne rette op på dette, idet supplement med kasein i en periode før gydning førte til gydning. Fodringsintensiteten ved anvendelse af vådfoder har ifølge Baynes *et al* (1993) været på 7 % ugentligt ved 8° C og 25 % pr uge ved 18° C.

Nærværende projekt anvendte kogte, lynfrosne blåmuslinger som blev fodret ad libitum hver anden dag gennem sommerperioden i dage med registreret ædelyst. Op til gydeperioden blev der suppleret med sandorm (*Arenicola marina*) samt børsteorm (*Nereis virens*).

Moderfisk reproduceret i fangenskab blev tilvænnet tørfoder siden de som yngel var ca. en måned gamle og efterfølgende bibeholdt på tørfoder (Solea Go, INVE, Belgien). Via tørfoder er der endvidere oplagte muligheder for manipulering/optimering af moderfiskenes ernæringstilstand, muligheder som dog endnu ikke er fuldt undersøgt endsige udnyttet.

## **Slutmodning af fisk**

Oogenesen finder typisk sted uden komplikationer, men den endelige slutmodning af oocytterne kan svigte. I praksis vil opdrætteren observere fisk med opsvulmede gonader, men selve gydningen vil ikke finde sted og oocytterne til sidst brydes ned inde i fisken.

Sådanne erfaringer koblet med det egentlige gydetidspunkts uforudsigelighed har gjort anvendelsen af hormoner almindelig i mange produktionssystemer. Det er primært ovuleringshormoner, der anvendes for at stimulere den egentlige slutmodning af gonaderne. Ovuleringen frigør æggene fra ovarierne, og de vil hos tunge ligge frit i ovariet indtil gydningen.

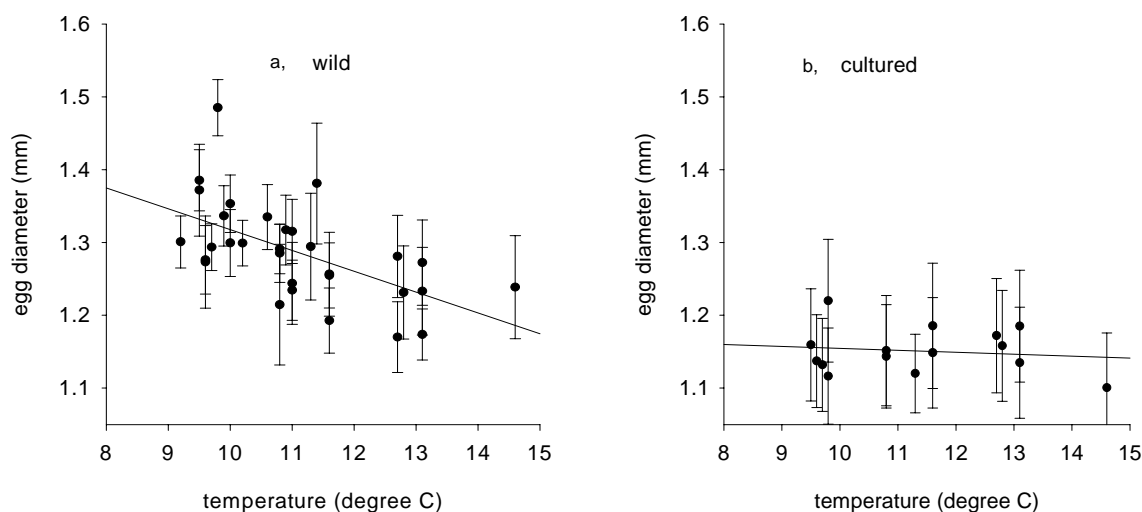
Slutmodningshormoner f.eks. HCG (human chorionic gonadotropin) og LHRH (luteinising hormone-releasing hormone) som senere er kommet til at hedde GnRH (gonadotropin releasing hormone) anvendes i dag rutinemæssigt i flere opdræt.

Injektion af hormon påbegynder slutmodningen af såvel hanner som hunner, og gydning finder typisk sted 3-5 dage efter injektion. I nærværende projekt blev der ikke anvendt hormonel behandling til moderfiskene, da naturlig slutmodning generelt forløb problemfrit.

## **Gydning**

Efterhånden som oocytterne modnes, frigives de i portioner. Der er typisk 1-4 dage mellem de enkelte gydninger. I laboratorieeksperimenter er der for pighvar vist individuelle konstante gydeintervaller (McEvoy, 1984). Variationer mellem kvalitet og kvantitet af æggene kan være individspecifikke, men er generelt sammenhængende med fiskens størrelse. Desuden vil førstegangs-gydere producere mindre æg og af ringere kvalitet end flergangs-gydere. Miljøforhold, temperatur, fødegrundlag og ernæringstilstand kan ligeledes have indvirkning.

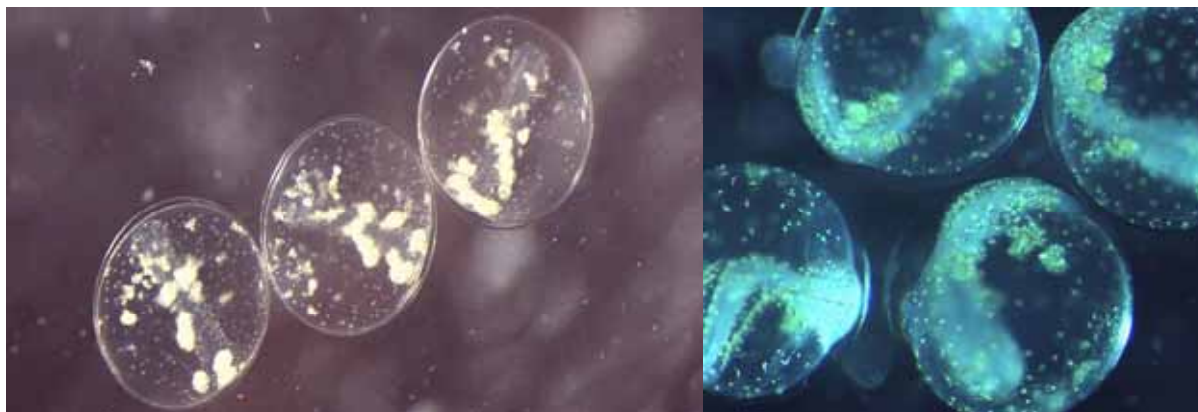
Det er karakteristisk for mange arter, at æg-størrelsen falder gennem sæsonen, således at de største æg gydes først, se figur 4a. Dette var dog ikke i samme omfang tilfældet i forsøg med opdrættede moderfisk, figur 4b.



Figur 4 a,b. Sammenhængen mellem ægstørrelse og vandtemperatur over en gydesæson for hhv. tunger som er fanget i havet kort før gydningen (4a) og tunger som er opdrættet i fangenskab (4b). Fra Lund et al. 2008a).

Gydeperioden for fladfisk nær ækvator er generelt lang (8-10 måneder) og bliver kortere med øget afstand til ækvator. På danske breddegrader strækker gydesæsonen for alm. tunge sig typisk over 2-4 måneder. Dette betyder dog ikke, at de enkelte individer kan gyde over en så lang periode. Gydesæsonens varighed for enkeltindivider af eksempelvis rødspætte er på 3-6 uger. For tungs vedkommende forventes lignende udstrækning af gydningen på individniveau. Det blev dog observeret hos DTU Aqua, at størstedelen af æggene blev gydt i relativt få gydninger.

Såvel vilde som opdrættede tunger vil gyde i opdrætssystemer (Howell, 1997). I naturen gyder tunger i en alder af +4 år (Dinis et al., 1999), mens de i opdræt kan blive kønsmodne som 2 års fisk (DTU Aqua observation.), primært som følge af en højere væksthastighed. Naturlig gydning foregår primært om natten eller i de tidlige morgentimer. Parringsadfærden er typisk en parvist svømmende han og hun med bugsiden mod hinanden. Hannen vil under gydning frigive sine spermatozoer og dermed befrugte æggene. Hos DTU Aqua afskimes de pelagiske æg mekanisk fra overfladen og opsamles i ægopsamlere monteret med 500 my net placeret inde i tankene. Vandflowet gennem ægopsamlerne drives via airlift-princippet af den luft, som tilføres karrene.



*Figur 5. Tunge-æg på somitestadiet.*

I løbet af projektet blev der produceret æg og med succes produceret levende larver og yngel fra vildfangne moderfisk i 2003-2006 (bilag II). Antallet af æg og æggenes kvalitet varierede fra år til år og som omtalt, måtte der hvert år fanges nye moderfisk på grund af høj vinterdødelighed. I 2006 lykkedes det desuden at opnå levedygtige æg og larver fra 1. generations opdrættede 4-års moderfisk

I gydesæsonen 2006 blev der således gennemført et sammenlignende studie af æg fra hhv. opdrættede og vilde moderfisk (Lund et al., 2008a). I alt blev der opsamlet æg fra 28 gydninger fra vilde moderfisk og 14 gydninger fra opdrættede moderfisk.

### ***Æg-størrelse, -klækkeevne og -fedtsyreprofiler***

Det viste sig, at der var forskel på æggene fra opdrættede og vildfange moderfisk. Æggene af opdrættede moderfisk var mindre og havde som tidligere omtalt en ensartet størrelse gennem gydesæsonen (Figur 4b). Æggene af vilde moderfisk var størst tidligt i sæsonen, hvorefter størrelsen faldt. De forblev dog større end æggene af de opdrættede moderfisk (Figur 4a). Umiddelbart skulle man forvente, at større æg ville indeholde større mængder næringsstoffer og derfor resultere i større og mere levedygtige larver. Dette kan heller ikke udelukkes, idet den gennemsnitlige klækkerate hos æg af vilde moderfisk var 8,9 % mod en klækkerate på kun 1,4 % for æg af opdrættede moderfisk (begge lave klækkerater). Der kan dog være mange årsager til den observerede forskel, idet fiskenes baggrund var så forskellig at mange andre faktorer kan have haft betydning, herunder også forskelle mellem første- hhv. flergangsgydere.

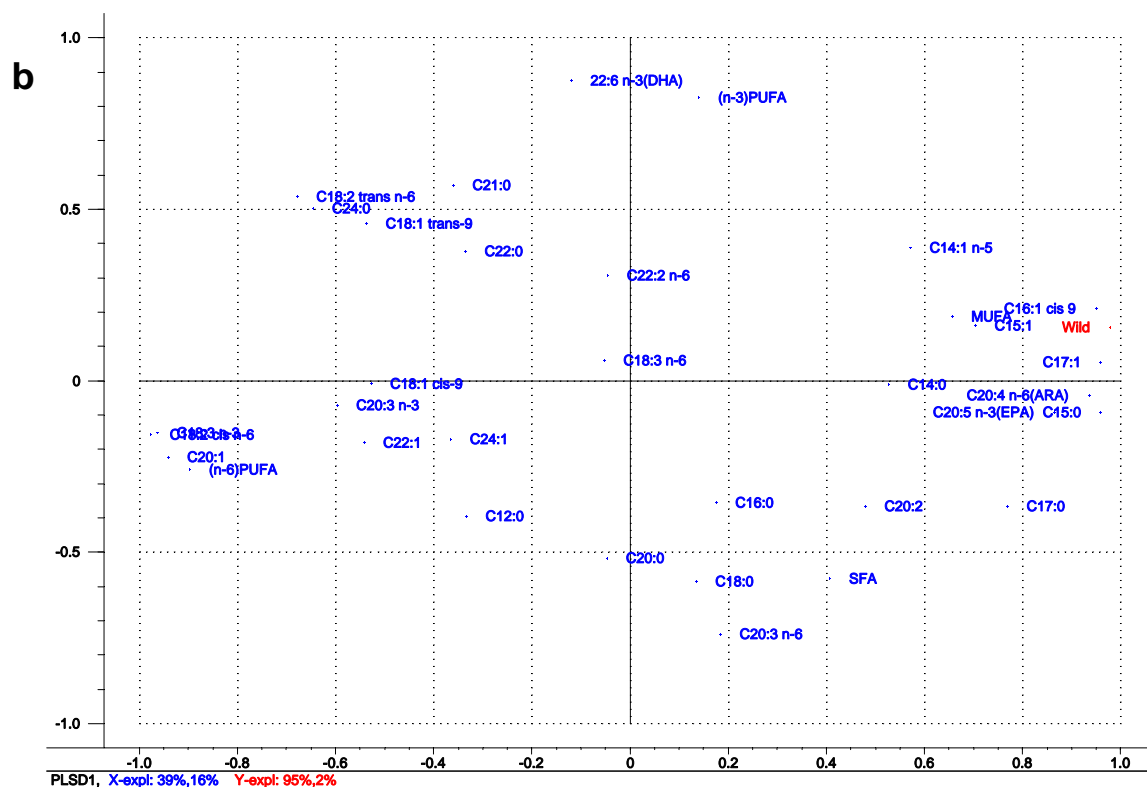
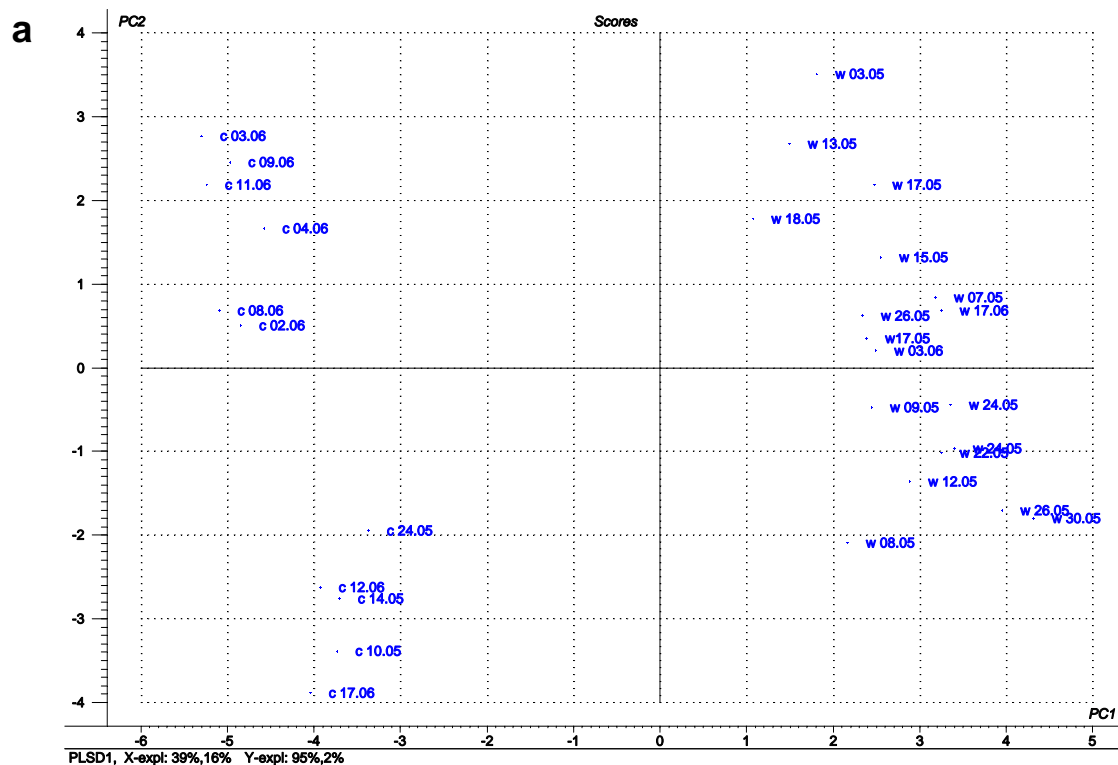
Der blev lavet fedtsyreanalyser på de producerede æg, og det viste sig, at der var signifikante forskelle på indholdet af 6 specifikke fedtsyrer. Dette var signifikant relateret til sammensætningen af moderfiskenes foder: naturligt vådfoder vs. pelleteret foder.

EPA indholdet var signifikant lavere ( $P < 0.001$ ) i æg fra opdrættede (cultured) moderfisk, mens n-6 PUFAs indholdet var signifikant højere i æg fra opdrættede fisk. For linolinsyre, C18:2(n-6) observeredes et 10 gange højere indhold i opdrættede fisk og indholdet af aricadonsyre (ARA), C20:4(n-6) var signifikant lavere ( $P < 0.001$ ) i æg fra opdrættede moderfisk. Indholdet af enkeltumættede fedtsyrer var signifikant højere i æg fra vilde fisk.



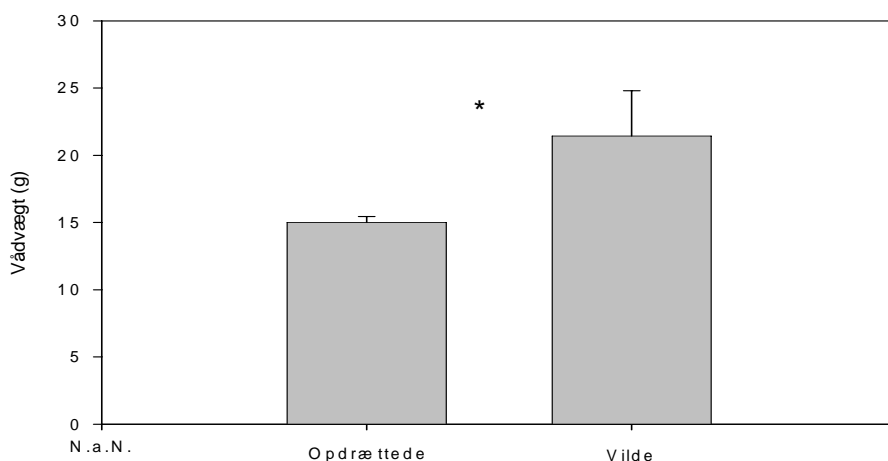
Det var dog ikke muligt at finde sammenhænge mellem indholdet af specifikke fedtsyrer og æggenes evne til at klække, muligvis som følge af den i forvejen lave klækkerate.

Nedenfor (figur 6 ab) er vist resultatet af en PLS-discriminant analyse. Plottet viser, at det var muligt på baggrund af fedtsyreprofilen af de enkelte fedtsyrer, at kunne klassificere gydninger af æg som henholdsvis opdrættede (c) eller vilde (w).



Figur 6 ab. Score plot (a) og correlation loadings (b) plots af en discriminant-PLS analyse af fedtsyreprofiler af æg fra vilde og opdrættede moderfisk. En klar adskillelse af vilde og opdrættede (fig. 6b) ses med 1 PC (X-axis) som korrelerer et højt indhold af C18:2(n-6), total (n-6) PUFA, C18:3(n-3), C20:1 med opdrættede æg og et højt C16:1, C17:1, C15:0, ARA og EPA indhold med vilde æg. (fra Lund et al. 2008a, bilag 1)

Et enkelt hold larver af hhv. opdrættede og vilde moderfisk blev fulgt gennem larvefasen. Resultatet var samstemmende med et yderligere gennemført studie (bilag III), idet der ikke blev fundet forskel på væksten af larver af opdrættede og vilde moderfisk. I sidstnævnte studie blev larverne længdemålt og sammenlignet 3, 6, 9, 12, 15, 18 og 23 dage efter klækning. Ligeledes blev væksten af yngel fulgt frem til 158 dage efter klækning (bilag III), her blev der dog konstateret en højere vækstrate for yngel af vilde fisk (Figur 7 og bilag III).



Figur 7. Vådvægt ( $\text{g ind}^{-1}$ ) af vilde og opdrættede yngel 158 dage efter klækning.

Denne forskel var dog højst sandsynligt tæthedsrelateret, idet dødeligheden hos vilde tunger var større og tætheden derfor lavere. Juvenile tengers vækst er påvist negativt korreleret med øget tæthed (Schram *et al.*, 2006; Overton *et al.*, in prep, bilag XI; Lund *et al.* unpubl.data-bilag IV,- se i øvrigt senere). Der var ligeledes en signifikant højere fejlpigmentering i gruppen af opdrættede yngel (bilag III). Det blev ligeledes observeret i en række andre hold af larver i nærværende studie, men kræver yderligere undersøgelser, da fejlpigmentering kan være meget varierende fra larvehold til larvehold (Lund *et al.*, unpubl.- se bilag VII).

Studiet af hhv. opdrættede og vilde moderfisk viser, at der ikke var umiddelbare gevinster forbundet med at anvende opdrættede fisk som moderfisk på nuværende tidspunkt. Omvendt viste forsøget, at det er muligt at opnå en god kvalitet levedygtige larver fra opdrættede fisk om end klækkeraten var lav. Som omtalt viser erfaringer fra opdræt af andre arter en betydelig gevinst ved domesticering og udvælgelse/avl af opdrætsfisk og det må derfor forventes, at en kontinuerlig satsning på opdrættede moderfisk vil indebære store fordele i opdrætsmæssig sammenhæng.

# Larveopdræt

## ***Larveopdræt i ekstensive og intensive anlæg***

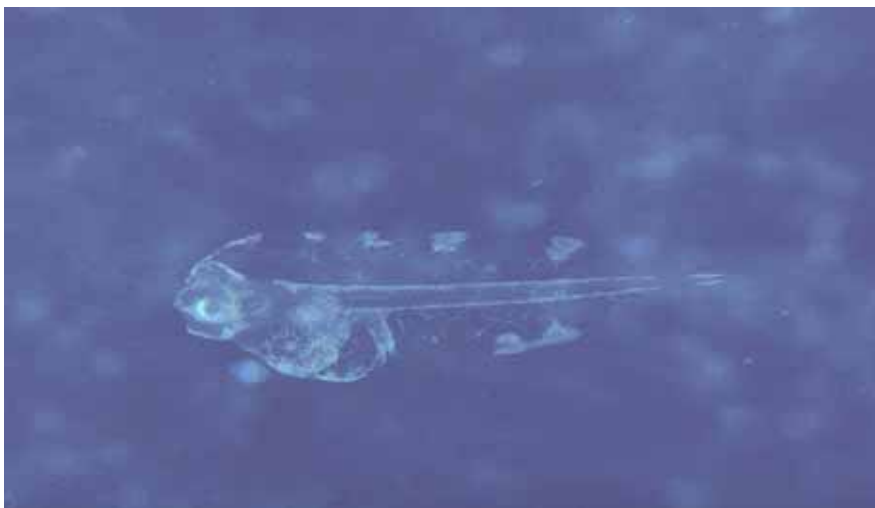
I Norge påbegyndte man arbejdet med opdræt af marine arter i laguner i 1975. Forskningsinstitutionerne udviklede løbende systemer til prøveproduktioner og i 1983 havde man et egentligt gennembrud, idet det lykkedes at opdrætte større hold torsk (Kvenseth & Øiestad, 1984).

Systemet baserede sig på inddæmning af mindre fjordarme eller polde, hvor fisk og større krebsdyr blev fjernet vha. gift, hvorefter der blev introduceret plankton til systemerne. Poldene var lavvandede og kunne derfor understøtte en tilvækst af alger af samme størrelsesorden som under forårsopblomstringen i havet. De rige forekomster af planteplankton gav gode vækstforhold for zooplankton som hjuldyr og copepoder, og disse kunne derefter fungere som byttedyr for fiskelarverne, som blev udsat i systemerne når mængder af zooplankton og dennes reproduktion var tilstrækkelig til at understøtte fiskenes fødeindtag.

De store polde var meget velegnede til fiskelarvernes tidlige stadier, hvor fødeindtaget var begrænset. De egnede sig ikke til praktisk udfiskning af yngelen og det var vanskeligt at opretholde en zooplanktonbestand, når larvernes fødeindtag voksede hen mod slutningen af larvefasen. Dette førte til en udvikling mod mindre systemer med højere grad af kontrol. Først blev der anvendt flydeposer i poldene. Herved blev det muligt at prøvetage med større sikkerhed og det blev desuden muligt at opkoncentrere foderet ved at pumpe plankton fra det omgivende vand ind i poserne. Hen mod slutningen af produktionsforløbet, når fiskelarvernes fødeindtag var størst kunne der suppleres med *Artemia*. Poserne blev efterfølgende afløst af landbaserede tanke hvortil der blev tilført zooplankton og intensivt dyrkede hjuldyr og *Artemia* (saltsøkrebs). Produktionsmetoden fik navnet semi-intensiv, idet der både blev anvendt metoder fra det intensive og det ekstensive system.

Sideløbende med denne udvikling skete der en betydelig udvikling af de intensive produktionsformer i både Danmark og Sydeuropa. Udviklingen blev især båret af en ekspanderende havbrugsproduktion af havbars (*Dicentrarchus labrax*) og guldbrasen (*Sparus aurata*).

De intensive produktionssystemer anvender kun intensivt produceret levendefoder. Fordelene ved de intensive produktionssystemers metodik er en høj grad af kontrol over produktionsparametrene og deraf følgende høj reproducerbarhed.



*Figur 8. Tunge-larve 2-3 dage efter klækning, lige før den er klar til at tage føde til sig.*

### **Det anvendte intensive anlæg**

I Hirtshals anvendes et recirkuleret anlæg med 12 stk. 150 liters cylindrisk-koniske tanke af klar pvc. I tankene er der monteret et finmasket udløbsfilter, som tilbageholder fiskelarverne, men lader zooplankton passere. Dette gør det muligt at fjerne overskydende zooplankton fra tankene, således at fiskene er sultne ved næste udfodring og kan præsenteres for friskt foder med høj næringsværdi.

Vandet fra tankene passerer efterfølgende et mekanisk filter hvor zooplankton bliver fjernet, før vandet ledes til et dykket biofilter efterfulgt af et rislefilter, før det i højdereservoiret temperaturreguleres og via en UV-behandling føres tilbage som indløb i karrene gennem bunden af disse.

### **Larver, startfodring og ernæringskrav**

Fiskelarver er meget skrøbelige og derfor meget følsomme overfor fysiske påvirkninger. Kar til startfodring af fiskelarver er derfor kendetegnet ved nærmest stillestående vand, måske med en skånsom beluftning til fordeling af foder og larver i vandsøjlen. Blommesæk-larverne samt de tidligt fødesøgende larver er næsten uden egen-bevægelse og vil derfor passivt flyde med vandstrømmen i karrene. Senere i larvefasen bliver larvernes egen-bevægelse gradvist mere tydelig og de vil ofte aktivt søge hen i områder i tanken med særlige føde-, lys- eller strømforhold.

Larverne vil ud over det omgivende vand og dets fysisk/kemiske egenskaber være i kontakt med bakterier, mikroalger, foderorganismer og partikulært materiale som fækalier og døde foderorganismer. Produktionssystemets evne til at opretholde gunstige betingelser er afgørende for larvernes overlevelse og vækst. Mikroalger kan have en gavnlig indflydelse på larverne, dels fordi mikroalger konditionerer vandet ved at optage opløste næringsstoffer fra dette og ved

at fungere som føde for zooplankton-organismerne, som herved opretholder en bedre næringsværdi. Fiskelarver indtager også mikroalger. Mikroalgerne indtages ikke kun ved, at fiskelarverne drikker vand. Det er vist, at for eksempel pighvar indtager 10-1000 gange så mange mikroalger som forventet, hvis indtaget skulle baseres alene på drukket vand. Larvernes indtag er dog ikke tilstrækkeligt til at understøtte deres vækst og det deraf følgende behov for næringsstoffer og indtaget må derfor betragtes som et føde-supplement, som evt. kan have en sekundær effekt ved at konditionere fordøjelsesapparatet og igangsætte de enzymproducerende systemer, der efterfølgende skal forestå fødens nedbrydning.

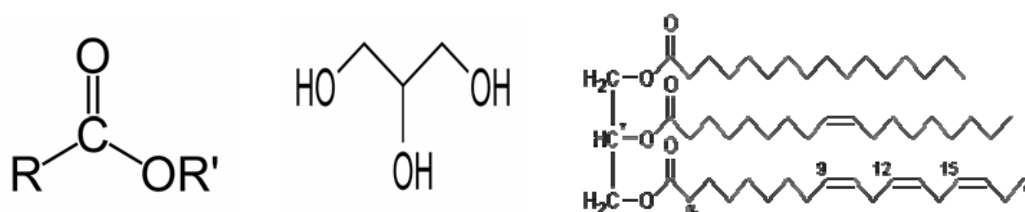
Egentlig startfodring af fiskelarver påbegyndes med zooplankton-organismer. I naturen og i de ekstensive systemer er copepoder, og nauplier heraf, den dominerende foderorganisme. Netop copepoder er den foderorganisme, som oftest findes i fiskelarver i naturen og er også naturlig føde for tunger (Drake & Arias, 1993). Copepodernes mange livsstadier fra æg over nauplie og copepodit-stadier til voksen copepod gør, at en art kan dække et stort størrelsessortiment af fødeemner. Dette er af væsentlig betydning for fiskelarver, idet deres fødeindtag begrænses af den partikelstørrelse, de fysisk kan gabe over. Anvendelse af for store fødeorganismer umuliggør selvsagt larvernes fødeindtag. Der er til gengæld en eksponentiel sammenhæng mellem byttedyrets længde og dets energiindhold, hvilket er samstemmende med at fiskelarver viser aktiv præference efter størst mulige byttedyr. I opdræt er det derfor også hensigtsmæssigt at kunne øge fødedyrenes størrelse efterhånden som fiskelarverne vokser og kan gabe over større fødeemner.

I praktisk opdræt er der dog begrænsede foderorganismer til rådighed. Der anvendes traditionelt hjuldyr og *Artemia*. Hjuldyr kan fås i flere størrelser, idet arten *Brachionus rotundiformis* har en længde på 100-160 µm og de større *B. plicatilis* har en længde på 130-340 µm. I kommercielt europæisk opdræt anvendes kun *B. plicatilis*, idet de fiskearter som opdrættes alle kan startfodres på denne art. *Artemia* er større med en længde på 400 til 500 µm for det første stadie. *Artemia* har den store fordel, at hvileæg kan indkøbes kommercielt i store mængder og klækkes et døgn før anvendelsen, hvilket giver mulighed for at fodre store mængder larver helt op til tidspunktet for tilvænning til tørfoder.

Efter at larverne har opbrugt blommesækken afhænger deres næringsindtag af indholdet af det plankton, de æder. I intensiv akvakultur tilbydes larverne et begrænset udbud af foderdyr, som er valgt på grundlag af deres egnethed for produktion i store mængder. Lipidernes fedtsyre-profil svarer ofte ikke til det næringsbehov, som fiskelarverne faktisk har.

### *Lipider*

Lipider har i særlig grad tiltrukket sig opmærksomhed i forbindelse med opdræt af marin fiskeyngel. Lipider er en samlebetegnelse for fedtstoffer, der er estere af glycerol og højere fedtsyrer. De almindeligste fedtstoffer er triacyl-glycerolerne, der består af glycerol (en alkohol) hvorpå der sidder tre fedtsyrekæder (bundet via esterbinding). Triglyceriderne er fedtets oplagringsform og det er den form det har i planteolier og synligt fedt hos dyr (f.eks. synligt fedt i fiskevæv og mesenterie). Der findes også en lang række andre lipider, f.eks. kolesterol og fosforlipider, der er meget vigtige byggestene for hormonsyntese og fosforlipiderne er hovedbestanddelene i cellemembraner og andre membraner.



Figur 9. Illustration af opbygning af ester, glycerol og triacyl-glycerol.

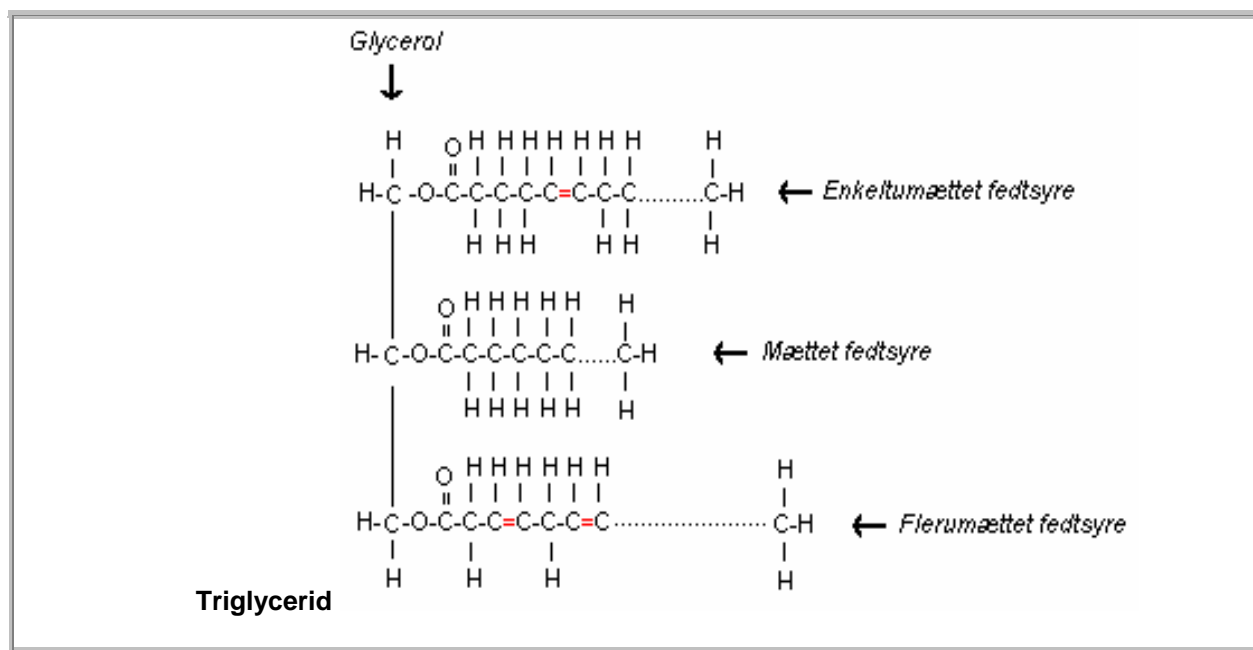
I den ene ende har frie fedtsyrer en syregruppe, mens resten af molekylet er en lang kulbrintekæde. Fedtsyrer er uopløselige i vand, er organiske og har det til fælles, at de består af lange, ofte uforgrenede kæder af kulstofatomer (mellem 4 og 24) med netop én carboxylsyregruppe ( $-COOH$ ) i den ene ende. Den generelle formel er:  $CH_3(CH_2)_nCOOH$ , hvor antallet af kulstofatomer ( $n$ ) kan gå fra 0 til i princippet uendeligt, men i praksis til omkring de 40.

Fedtsyrerne kan inddeles i tre grupper:

*Mættede fedtsyrer* - fedtsyrer, hvis kulbrintekæden er mættet med H-atomer og de indeholder ikke dobbeltbindinger.

*Monumættede fedtsyrer* - fedtsyrer, hvis kulbrintekæde mangler 2 H-atomer, hvor der er dannet en dobbeltbinding og fedtsyren er umættet

*Polyumættede fedtsyrer* - fedtsyrer som indeholder to eller flere dobbeltbindinger.



Figur 10. Illustration af opbygning af mættede, umættede og flerumættede fedtsyrer.

Fisk kan syntetisere umættede og enkeltumættede fedtsyrer i leveren og kan derfor klare sig uden tilførsel af disse i diæten. Fedtsyrer med 2 eller flere dobbeltbindinger syntetiseres dog primært af organismer lavere i fødekæden og skal derfor tilføres fiskene via diæten – heraf navnet essentielle fedtsyrer. Fisk har som andre hvirveldyr behov for de 3 essentielle fedtsyrer eicosapentaen syre (EPA),  $20:5n-3$ ; docosahexaen syre (DHA),  $22:6n-3$ ; og arachidon syre, (ARA),  $20:4n-6$  for at kunne vokse og udvikle sig normalt (Sargent *et al.*, 1995)

Hjuldyr og *Artemia* indeholder relativt lave mængder af disse essentielle fedtsyrer, hvilket har ført til problemer i yngelproduktionen af en række marine fisk. Et typiske problem hos fladfisk er mangel på pigmentering og dette har kunnet relateres til indholdet af de essentielle fedtsyrer i føden. Dette kan delvist overkommes ved at berige foderdyrene med emulsioner indeholdende de essentielle komponenter.

### *Proteiner*

Proteiner er en anden væsentlig byggesten for fiskelarver. Proteiners opbygning af aminosyrer er kontrolleret af DNA-sekvensen og er derfor fælles for alle trofiske niveauer. Der er derfor relativt lettere at formulere en diæt som indeholder tilstrækkelige proteiner til opfyldelse af larvernes krav end det er tilfældet for lipidernes vedkommende. Man skal dog være opmærksom på, at larvernes meget hurtige vækst skal understøttes af en tilsvarende rigelig tilgang af proteiner, herunder essentielle aminosyrer.

## **Anvendelse af forskellige typer foderdyr**

Hjuldyr er væsentlig mindre end *Artemia*. Dette kan være en afgørende fordel for fisk med små larver, hvor indtag af *Artemia* ikke er mulig. Hjuldyr bevæger sig langsommere end *Artemia* og kan derfor være lettere at fange for larver, som kun lige er begyndt at tage føde til sig. Hjuldyr har desuden ikke et exoskelet, og passerer derfor lettere gennem fordøjelsessystemet end krebsdyr som *Artemia* og copepoder.

Generelt vil fiskelarver, som præsenteres for fødeemner af forskellig størrelse, vælge de størst mulige. Forudsat at fødeemnerne kræver lige megen energi at fange, vil larven få mere energi ved indtagelse af de større fødeemner.

Netop *Artemia* kan give problemer hos nogle arter fisk, idet de med deres exoskelet kan blokere fordøjelseskanaalen. Fiskelarvers fødeindtag reduceres ikke ved høje byttedyrtætheder. De vil sluge bytte, der er indenfor rækkevidde uafhængigt af fordøjelseskanaalens fyldningsgrad. Dette kan føre til problemer ved høje tætheder af byttedyr, idet fordøjeligheden af føden reduceres.

## **Sammenligning af levende foder: Hjuldyr og Artemia**

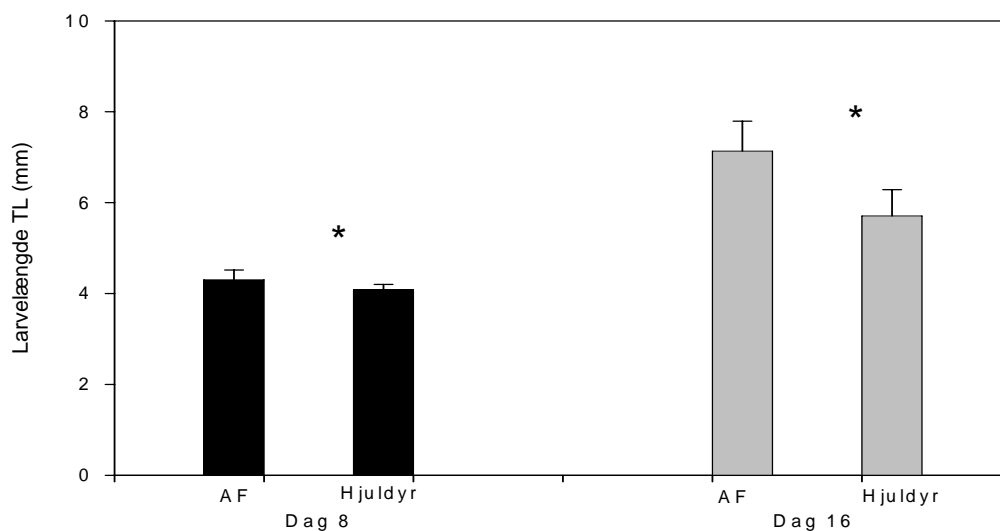
I 2003 blev der på DTU Aqua (i.e.DFU) gennemført et forsøg med tungelarver hvor startfodring med hhv. hjuldyr og *Artemia* blev sammenlignet. Fiskene blev fulgt gennem hele produktionsprocessen fra gydning til opnåelse af markedsstørrelse (bilag V). Resultaterne viste, at larverne voksede langsommere, når de blev fodret med hjuldyr, end når de blev fodret med *Artemia*.

Dette kan forklares ved, at larverne fra begyndelsen var i stand til at gabe over *Artemia*. Hvis det forudsættes, at det er lige så let at fange en *Artemia* som et hjuldyr, vil fodring med *Artemia* alt andet lige give et større fødeindtag end fodring med hjuldyr, idet en AF *Artemia* vejer omkring 6 gange så meget som et hjuldyr. Da tungelarver kan vokse 15-20 % dagligt (Lund et



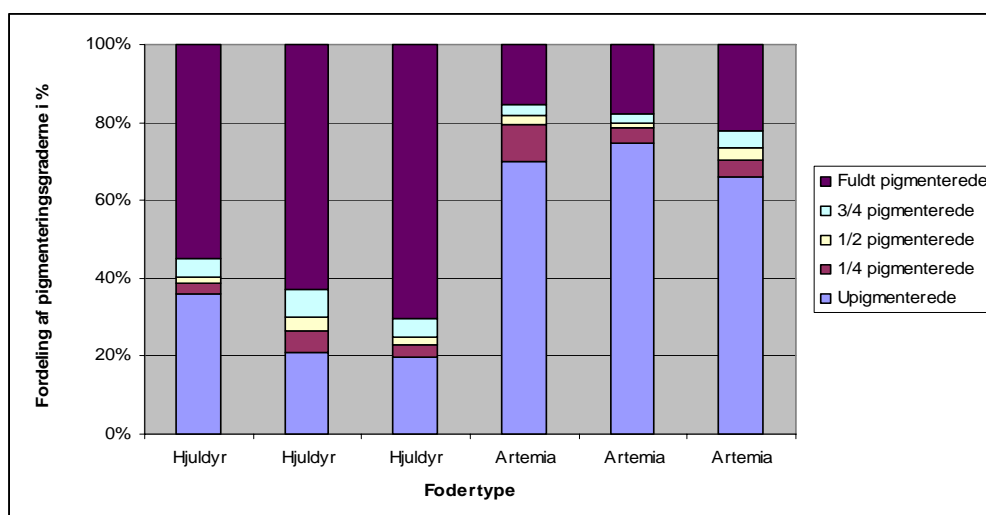
al., unpubl.(se bilag IV) kan årsagen til den lavere vækst også skyldes, at hjuldyr hurtigt bliver for små til at udgøre et ordentligt fødegrundlag for tungelarver. I et challenge forsøg, har vi vist, at 10 dage gamle tungelarver, i modsætning til 3-6 dage gamle larver, udviste en præference for indtag af *Artemia* sammenlignet med hjuldyr.

Larvelængde hhv. dag 8 og 16 efter klækning



Figur 11. Gennemsnitlige larvelængder på dag 8 og dag 16 for tunge-larver fodret med hhv. AF *Artemia* og hjuldyr fra dag 5 til dag 12. Stjernerne markerer signifikant forskel på de to søjler. (Fra bilag V)

Fiskenes pigmenteringsgrad blev estimeret på dag 70 og karakteriseret som henholdsvis 100 %, 75 %, 50 %, 25 % eller 0 % pigmenterede, se Figur 12.



Figur 12. Tunge-ungel pigmenteringsgrad i forsøg for larver fodret med hjuldyr eller *Artemia*. Fra bilag V.

Der var tydeligvis øget fejlpigmentering hos juvenile tunger startfodret med *Artemia* til forskel fra juvenile fodret med hjuldyr. Det blev ligeledes undersøgt om forskellen i væksthastighed mellem larver fodret dag 5-12 efter klækning med enten hjuldyr eller *Artemia* havde nogen betydning for larvernes senere væksthastighed. Det blev altså undersøgt, hvorvidt der var en overført effekt af det initiale levendefoder på fiskenes vækst til markedsstørrelse (bilag V). Fiskenes vækst blev evalueret 7 gange i perioden fra en fiskestørrelse på 0,94 g op til +100 g. Fiskene blev fodret med en blanding af kommercielle fodertyper (bilag V). Det blev analyseret, hvorvidt der var en effekt af larvediæter på den endelige produktion af fisk til markedsstørrelse, og her blev lagt vægt på differentieringen af det endelige produkt i henhold til pigmenteringsgrad og størrelse.

*Tabel 1. Oversigt over ongrowing af tunger ved Bornholms Lakseklækkeri. A = Artemia-startfodrede fisk. AR = Hjuldyr-startfodrede fisk. (fra bilag V)*

Gruppe	A1	A2	AR1	AR2
Klækningsdato	20.05.03	20.05.03	20.05.03	20.05.03
Forsøg start dato	12.08.03	12.08.03	12.08.03	12.08.03
Forsøg Slut dato	29.10.04	27.10.05	28.10.05	26.10.04
Antal dage (forsøg)	434	433	432	431
Start antal individer	800	687	661	718
Slut antal individer	615	584	535	585
% overlevelse	76,8	85	80,9	81,5
Start biomasse (kg)	0,708	0,704	0,698	0,732
Start gennemsnitsvægt (g)	0,885	1,025	1,056	1,019
Start tæthed (kg m <sup>-2</sup> )	0,18	0,18	0,19	0,19
Slut biomasse (kg)	72,219	59,054	65,432	62,260
Slut gennemsnitsvægt (g) (± SD)	117,430 (2,075)	101,294 (2,027)	122,303 (1,785)	106,245 (1,907)
Minimum ind. vægt (g)	18,2	8,4	22,5	13,8
Maximum ind. vægt (g)	296,1	269	297,4	287,2
Slut tæthed (kg m <sup>-2</sup> )	10,217	8,353	9,255	8,806
FK (observeret)	2,9	2,8	3,4	3
SGR (% dag <sup>-1</sup> )	2,69	2,69	2,66	2,71

Forsøgene viste ingen effekter af larvediæterne på vækst og overlevelse af tungerne. Denne observation understøttes af vækstdata, hvor SGR i alle tilfælde reduceredes fra mellem 3 og 3,5 % vægtforøgelse dagligt i perioden fra dag 111 til dag 155, til omkring 1,5 % tilvækst dagligt for perioden fra dag 156 til dag 235. SGR blev yderligere reduceret til omkring 0,5 % i perioden efter dag 236. Den overordnede SGR lå på 2,66-2,71 % for alle kar gennem hele perioden.

Foderkonverteringen (FK) (kg foder/kg tilvækst) havde en tendens til at være bedre hos fisk som kun havde fået *Artemia* (2,8 til 2,9) end hos fisk som havde fået hjuldyr (3,0-3,4), men dette var ikke statistisk signifikant og kan i øvrigt have flere forklaringer. FK øgedes over tid.

Dødeligheden var generelt lav i begyndelsen af ongrowing perioden. Frem til dag 350 blev der registreret en dødelighed på op til 2,5 % af det totale antal fisk. Dødelighed blev primært observeret i forbindelse med håndtering (bilag V). Der kunne ikke konkluderes nogen sammenhæng mellem dødelighed og graden af pigmentering, dvs. fejpigmenterede fisk havde ikke en overdødelighed og voksede lige så godt som pigmenterede.

Høst efter ongrowing-perioden: Høsten af fisk 586 dage efter klækning viste, at 28 og 38 % af fiskene i A og AR grupperne havde opnået markedsstørrelsen på +130 gram. Markedsstørrelsen på +150g blev samme dag nået af hhv. 18.1 % og 23.9 % af fiskene. Det skal dog her understreges, at vækstbetingelserne ikke blev søgt holdt optimale (temperatur, foder m.v.), hvorfor forsøget alene er til sammenligning, ikke til registrering af vækstopotentialet hos tunge.

### **Forsøg med anvendelse af 3 typer levendefoder**

Ved DFU i Hirtshals blev der i 2005 gennemført et vækstforsøg, hvor foderdyrene hjuldyr, *Artemia* og copepoder blev sammenlignet. Copepodarten, som blev brugt var den harpacticoid *Tisbe holothuriae*, som i modsætning til *Artemia* og hjuldyr selv kan syntetisere essentielle fedtsyrer. Til sammenligning blev anvendt henholdsvis uberigede *Artemia* og *Artemia* beriget med en kommerciel lipid-emulsion af essentielle fedtsyrer og vitaminer (DHA-Selco) samt størrelsessorterede, ligeledes berigede hjuldyr. (Lund et al, unpubl. data), se bilag IV.

Eksperimentet viste ingen forskel i overlevelsen til dag 10. Den gennemsnitlige overlevelsesprocent til dag 10 var for alle behandlinger under ét 47 %.

Der var dog væsentlig forskel på larvernes vækst i de 9 første dage. Larver fodret med berigede *Artemia* var væsentligt større (TL = 5,8 mm) end larver fodret med hjuldyr (TL = 4,1 mm) og copepoder (TL = 4,6 mm). Størrelsen på byttedyrene var forskellig, idet *Artemia* var størst med en tørvægt på omkring 2,5 ng pr individ mens hjuldyrene var mindst med en vægt på 0,4 ng pr individ.

Størrelsesforskellen på byttedyrene kan have været afgørende for tungelarvernes fødeindtag. Forudsættes det, at larverne brugte den samme mængde energi på at fange alle typer byttedyr, ville de have fået mest energi ved indtag af *Artemia*. Ydermere kan *Artemia* med deres rykvise bevægelser og langsomme bevægelseshastighed have påvirket larvernes ædeadfærd positivt og derved øget deres indtag af *Artemia*. Hjuldyr svømmer med en langsom konstant bevægelse, og copepoder hænger enten ubevægelige i vandet eller svømmer meget hurtigt hen til en ny position, hvor de atter hænger stille. Anvendelsen af *Tisbe holothuria*; en art som lever associeret til overflader og som er negativ fototaktisk kan have været uheldig. Copepoderne vil nemlig alt andet lige være koncentreret langs karrenes sider og i karrets bund, hvor lysintensiteten er lavest i modsætning til tungelarvernes præferencer.

Forsøget med hjuldyr og *Artemia* og forsøget med hjuldyr, *Artemia* og copepoder viste samstemmende resultater, idet fodring med hjuldyr eller *Artemia* ikke havde indflydelse på larvernes overlevelse. Ligeledes voksede larverne bedre på *Artemia* end på hjuldyr i begge forsøg.

Konklusionen af ovennævnte eksperimenter mht. vækst og overlevelse er, at *Artemia* er velegnede til startfodring af tungelarver, mens hjuldyr ikke med fordel kan anvendes. Anderledes ser det ud med pigmenteringen, hvor forsøgene i 2003 viste en klart øget pigmenteringsgrad hos fisk fodret med hjuldyr i de første 7 dage (Figur 12), dette blev dog ikke observeret i senere forsøg udført med *Artemia*, hjuldyr og copepoder, hvor de forskellige foderdyr ikke havde nogen indflydelse på den senere pigmentering af yngelen.

Idet resultaterne i 2003 viste en effekt af anvendelse af hjuldyr på pigmenteringen blev yderligere eksperimenter gennemført med henblik på at belyse dette. Et forsøg udført i 2004 skulle vise mulige effekter af berigelsestid af hjuldyr med kommerciel DHA Selco. De forskellige berigelsestider af hjuldyr førte dog ikke til forskelle i fedtsyresammensætningen af hjuldyrene (bilag VI). Larverne voksede ensartet gennem forsøget. Der var ikke forskel mellem behandlingerne på tilvæksten i totallængde fra dag 4 til dag 16 og der var ikke nogen sammenhæng mellem øget berigelsestid af hjuldyrene og larve-mortaliteten.

Tungeyngelen fik lov at vokse til dag 106 før pigmenteringsgraden på enkeltfisk blev estimeret. Dette var nødvendigt for at sikre at alle fisk var endeligt pigmenteret. Fiskene blev enkeltvejet og pigmenteringsgraden blev inddelt i 5 grupper hhv. 0 %, 25 %, 50 %, 75 % og 100 % pigmentering.

Resultaterne viste, at alle hold fisk uafhængigt af behandling havde over 80 % fuldt pigmenterede fisk. De fejlpigmenterede faldt i 3 stort set lige store grupper på under 10 %. Der var ikke en sammenhæng mellem pigmenteringsgraden og hjuldyr-berigelsestiden (bilag VI).

Der var således ingen entydig påvisning af, at hjuldyr skulle give højere pigmenteringsgrad end *Artemia*. Det blev besluttet at lave nærmere undersøgelser vedr. pigmentering og ernæringsforhold, for nærmere at få bestemt de afgørende faktorer for korrekt pigmentering af tunge-yngelen. Dette specifikt begrundet i, at opnåelse af maksimal markedspris for opdrættede tunger forudsætter normal, fuld pigmentering af fisken (oversiden).

### ***Betydning af essentielle fedtsyrer for pigmentering af tunge-larver***

Som tidligere beskrevet har marine fiskearter et betydeligt ernæringsmæssigt behov for essentielle fedtsyrer for at udvikle normal vækst. Foderets fedtsyresammensætning er således en af de væsentligste faktorer i larveopdræt. Tunge-larver har muligvis et lavere krav til indholdet af essentielle fedtsyrer i sammenligning med en række andre marine fiskearter (Howell & Tzoumas, 1991) med hensyn til vækst og overlevelse, men ARA, EPA og DHA kan være involveret i andre processer f.eks. vedr. unormal adfærd, nedsat immunforsvar, stress (Mckenzie et al., 2008, se bilag VIII, dog kun elektronisk version) samt vedrørende pigmentering i larvefasen, hvilket dog ikke tidligere er tilbunds gående undersøgt.

Fejlpigmentering hos fladfisk er en af de hyppigste abnormaliteter i opdrættede fladfisk (Imstrand et al., 2006) og er en væsentlig årsag til reduceret produktion og markedsværdi for disse, idet fejlpigmentering sjældent forekommer hos vildfangne fisk af markedsstørrelse.

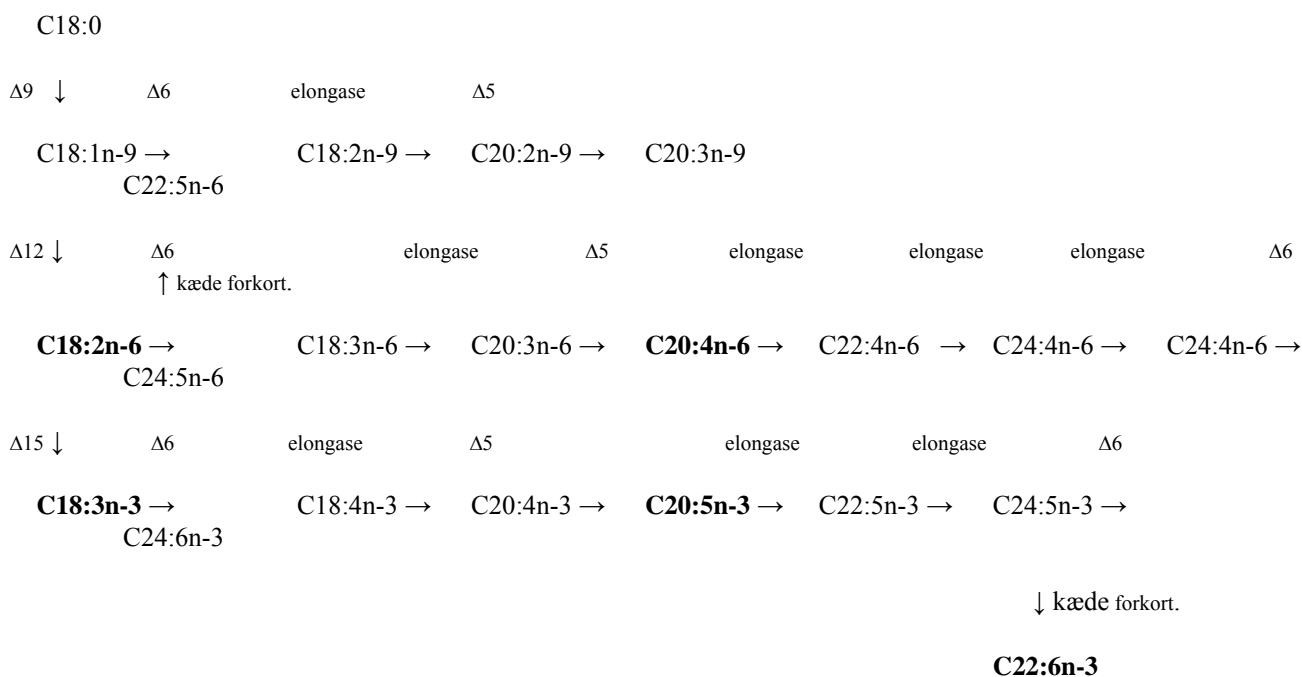
En central problemstilling var derfor at undersøge dels betydningen af sammensætningen af fedtsyrerne EPA, DHA, og ARA og andre fedtsyrer i foderet til tungelarver for vækst og

overlevelse samt betydningen af samspillet mellem ARA, DHA og EPA på især pigmenteringsgraden og fysiologiske processer i larvestadiet.

De fysiologiske betydninger af foderets indhold af EPA og DHA er i mange marine fiskelarver ganske omfattende undersøgt, mens ARA ikke er blevet undersøgt tilsvarende.

Indholdet af forskellige langkædede umættede fedtsyrer i fisk afhænger dels af tilgangen i foderet og dels af fiskenes egen mulighed for omdannelse af de enkelte fedtsyrer i grupperne af mættede, enkeltumættede og flerumættede fedtsyrer.

De fleste marine fiskelarver har som tidligere nævnt kun en begrænset evne til at syntetisere ARA, C20:4n-6; EPA, C20:5n-3; og DHA, C22:6n-3 fra C18n-3, n-6, n-9 som illustreret nedenfor. Dette fordi fiskene mangler nogle væsentlige enzymer (elongaser, desaturaser) for omdannelsen og kædeforlængelsen af  $\alpha$ -linolen syre, C18:3n-3 og linolsyre, C18:2n-6 som er ophavsfedtsyrer til de flerumættede essentielle fedtsyrer. Disse processer menes at være gået delvist tabt som følge af den relativt høje tilgængelighed af disse fedtsyrer i de marine fødekæder.



Figur 13. Mulig desaturering og forlængelse (elongation) af kortere kædede umættede og enkeltumættede C18-fedtsyrer til flerumættede essentielle fedtsyrer som ARA, EPA og DHA.

### Funktion af essentielle fedtsyrer

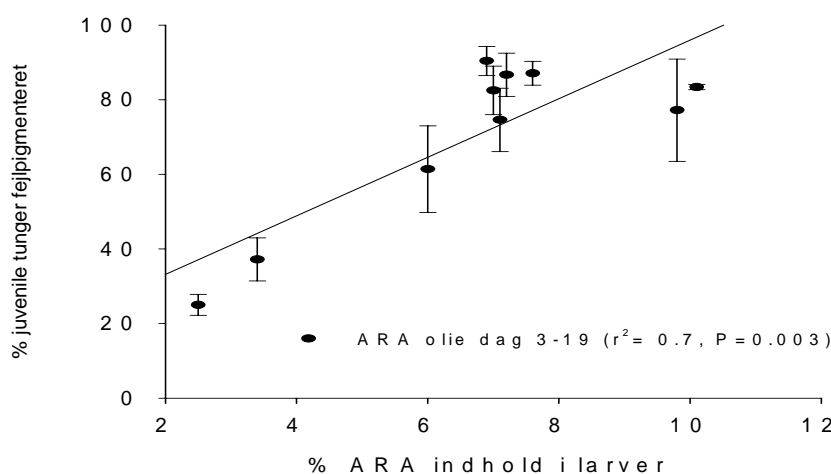
Grundet fiskelarvernes manglende evne til at "de-novo" syntetisere essentielle, langkædede fedtsyrer øges betydningen af en optimal sammensætning og indhold af disse i foderet. Både EPA, DHA og ARA er komponenter i cellemembran-strukturen i vævet. DHA er primært en komponent i neurale- og synscelle-membraner. EPA er til stede i de fleste cellemembraner, og såvel EPA som især ARA er involveret i syntesen af en række vigtige hormon-lignende stoffer

(t.eks. eicosanoider) for funktion og opretholdelse af fysiologiske mekanismer. Eicosanoider dannes i stort set samtlige væv i kroppen. De produceres især som en reaktion mod stress påvirkninger af organismen og indvirker på en lang række fysiologiske processer i immunforsvaret, nervefunktioner, betændelsestilstande etc. (Tocher, 2003).

Prostaglandiner er en gruppe af eicosanoider, og ARA og EPA giver ophav til 2 forskellige typer ( $\text{PGE}_2$  og  $\text{PGE}_3$ ), som er indbyrdes kompetitive og deres koncentration er afhængig af det indbyrdes forhold af EPA og ARA i cellen.  $\text{PGE}_2$  mistænkes for at forårsage biokemisk stress og være involveret i pigmenteringsprocessen (Bransden *et al.*, 2005, Villalta *et al.*, 2007).  $\text{PGE}_3$  kan muligvis reducere disse fysiologiske effekter, således kan EPA have en vigtig funktion i at modulere effekten af eicosanoiderne.

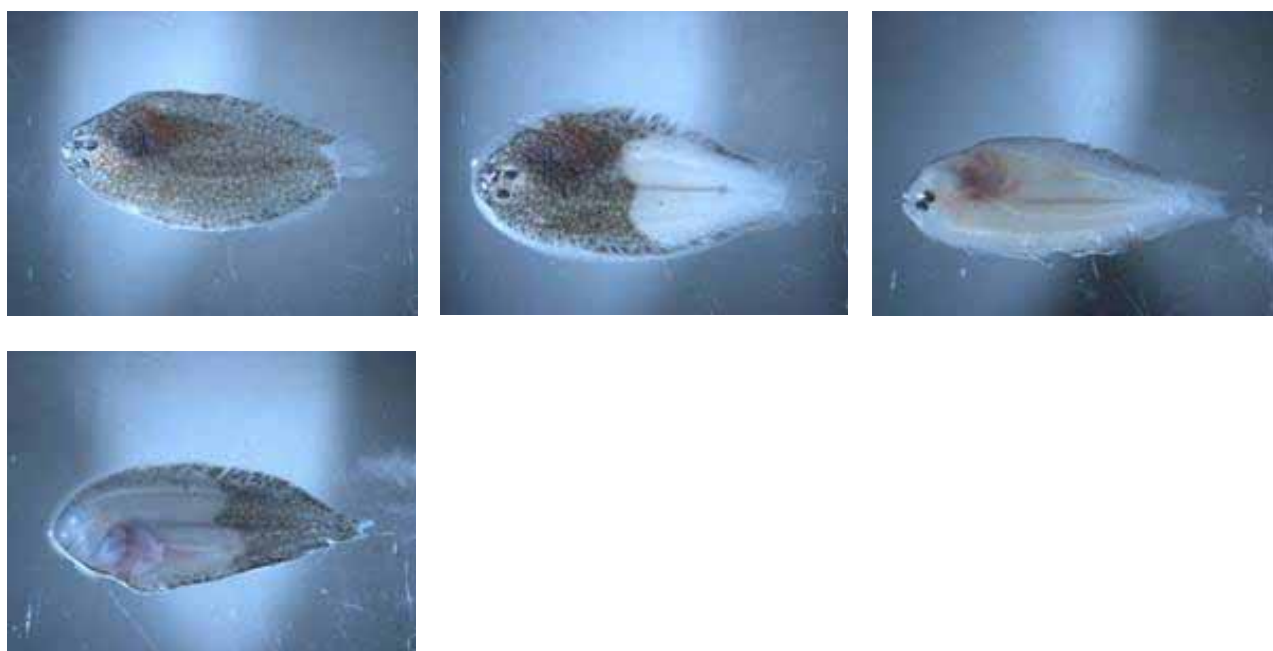
Disse forhold blev undersøgt i en række forsøg udført i 2005 og 2006 (se bl.a. Lund *et al.* unpubl.- bilag VII, kun elektronisk version; Lund *et al.* 2007-bilag IX) og Lund *et al.*, 2008b - bilag X). I et af disse forsøg - Lund *et al.*, 2007 – bilag IX blev det undersøgt, hvorvidt ARA, EPA og DHA havde indflydelse på vækst og pigmentering af tungelarver indtil overstået metamorfose, ca. 21 dage efter klækning. Tungelarverne blev fodret med *Artemia* beriget med emulsioner fremstillet med forskelligt indhold af ARA, EPA og DHA. Resultaterne viste, at selvom sammensætningen af tungerne afspejlede sammensætningen af de essentielle fedtsyrer i emulsionerne, så var hverken vækst eller overlevelse signifikant forskellig eller relateret til indholdet eller forholdet mellem de essentielle fedtsyrer, hvilket bekræftede de tidligere resultater: At tungelarver kan vokse udmærket uden specifikke krav til sammensætningen af essentielle fedtsyrer (EFA).

Derimod var fejlpigmenteringen signifikant relateret til indholdet af ARA i foder og i larver (Figur 14), men fejlpigmenteringen var ikke påvirket af EPA eller DHA indholdet i foder eller i larverne og der var ingen sammenhæng mellem DHA: EPA eller ARA: EPA forhold og pigmentering. Det er derfor den absolutte koncentration af ARA i fiskelarverne, som har betydning for inducering af fejlpigmentering hos tungelarver, mere end forholdet mellem de essentielle fedtsyrer (Lund *et al.*, 2007, se bilag IX).



Figur 14. Regressions-korrelation mellem indholdet af ARA i tungelarver 19 dage efter klækning og fejlpigmentering.

I førnævnte forsøg blev kun observeret larver med underpigmentering (hypopigmentering) af oversiden. I larveopdræt kan 2 former for fejlpigmentering optræde, enten overpigmentering (hyperpigmentering) oftest som følge af en forøget melanin produktion, eller underpigmentering (hypopigmentering) af oversiden, muligvis som følge af manglende differentiering af pigment-celler i den sensitive larvefase (Bolker and Hill, 2000). Hyper- og hypopigmentering kan muligvis udspringe af forskellige abnormaliteter i pigmenterings-systemet, men kan begge være ernæringsrelateret, som også påvist ovenfor. Nedenstående figur viser forskellige eksempler på fejlpigmentering (fra bilag VII og IX).



*Figur 15. Illustration af 3 forskellige niveauer af hypopigmentering hos juvenile tunger: a) hale fejlpigmentering b) krops fejlpigmentering c) albinos –fejlpigmenteret over hele kroppen. d) Illustration af hyperpigmentering på undersiden af en juvenil tunge.*

Der har været forskellige hypoteser om, at graden af pigmentering muligvis har indflydelse på hastigheden af metamorfosen hos tungelarver (Villalta et al., 2005). Vi undersøgte derfor metamorfosen, udtrykt som venstre øjes vandring i forbindelse med tungelarvens transformation fra bilaterale larver, men der var ingen sammenhæng mellem dette og den senere grad af pigmentering (Lund et al., 2007, bilag IX). Derimod viste det sig, at juvenile ”albino” fisk, altså fisk helt uden pigmentering, havde en meget høj frekvens (46 til 76 % af alle fisk) af unaturlig og uafsluttet øjemigration (se Figur 15c). Årsagerne hertil kendes dog ikke.

For at klargøre om indholdet af eicosanoider var af betydning for inducering af fejlpigmentering blev der herefter udført et forsøg i 2006 (Lund et al., 2008b) - bilag X.

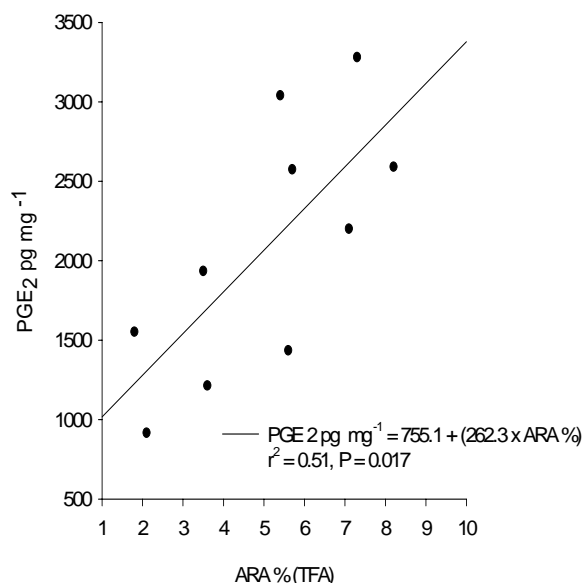
Idet forekomsten af et højt EPA indhold i foderet muligvis kan reducere indholdet og syntesen af 2-serie prostaglandiner, og dermed muligvis mindske en negativ effekt af PGE<sub>2</sub> på pigmenteringen, blev der fremstillet emulsioner med et relativt højt EPA indhold (højt EPA:ARA forhold) tillige med emulsioner med et højt indhold af ARA (lavt EPA:ARA forhold).

I forsøget blev det ligeledes belyst, hvorvidt fejpigmentering hos tunge-larver kunne relateres til et bestemt tidspunkt i larveudviklingen, f.eks. i forbindelse med metamorfosen.

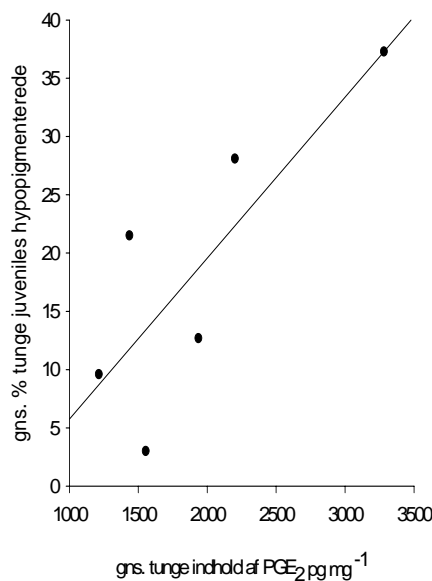
Som i det foregående forsøg blev larverne fodret med *Artemia* beriget med de forskellige emulsioner og tildelt fiskelarverne på forskellige tidspunkter i deres udvikling, enten før påbegyndelse af metamorfose eller under metamorfose.

Resultaterne viste (bilag X)), at PGE<sub>2</sub> prostaglandin-indholdet var signifikant relateret til indholdet af ARA i larverne og således var fejpigmenteringen signifikant relateret til prostaglandinindholdet (Figur 16 a,b).

a)



b)



Figur 16 a) Prostaglandin-indhold som funktion af ARA-indhold i tungelarver 22 dage efter klækning b) Fejpigmentering (hypopigmentering) hos juvenile tunger illustreret som en funktion af prostaglandin, PGE<sub>2</sub> larveindhold, 22 dage efter klækning.

Derimod havde et højt indhold af EPA ingen effekt på indholdet af PGE<sub>2</sub> og der kunne således ikke påvises en positiv effekt af EPA eller af ARA:EPA forholdet på pigmenteringsgraden.

Forsøget viste, at fejpigmenteringen af larver var højere, når laverne blev fodret med ARA frem til lige før påbegyndelse af metamorfose (6.5 % af larverne havde påbegyndt



metamorphose) til sammenligning med larver fodret under metamorfosen eller fodret i den sene metamorphose lige før settling.

Forsøgene har således påvist, at prostaglandiner påvirker fejlpigmentering, via syntetisering fra ARA. Et højt ARA-indhold i foderet inducerer fejlpigmentering.

Tunge-larvers pigmentering var relateret til det enkelte hold af larver og larvers sensitivitet overfor ARA er forskellig. Dette blev påvist (Lund *et al.*, unpubl. –bilag VII), idet larver i et andet forsøg blev fodret med en tilsvarende koncentration af ARA, som det der inducerede fejlpigmentering i førømtalte forsøg. Dette inducerede ikke fejlpigmentering i pågældende larvehold.

I sidstnævnte studie, blev der dog observeret en stor forekomst af overpigmenterede (hyperpigmenterede) yngel, altså yngel med pigmentering på undersiden, som normalt er hvid. Forsøget udviste en meget stor forskel i forekomsten af overpigmentering mellem replikater fodret med samme diæt. Dette viste, at overpigmentering skyldes miljømæssige forhold og således ikke er relateret til forskelle i foderets indhold af essentielle fedtsyrer.

Da opdrætsforholdene var nærmest identiske tyder dette på, at selv meget små miljømæssige forhold kan inducere disse forskelle i overpigmentering. En høj sensitivitet overfor hyperpigmentering tyder således på en samtidig lav sensitivitet overfor ARA. De biokemiske mekanismer bag dette forhold er ikke kendte, og kunne undersøges nærmere.

## Tørfoder-tilvænning (Weaning)

Når tungerne er gennem metamorfosen og påbegynder en bundsøgende adfærd (dag 16-20) overføres de til normale, fladbundede kar hvori tørfodertilvænningen (weaning) snart efter kan påbegyndes. Vi har anvendt 1x1 m glasfiber kar med centralt afløb, men større kar, eks. 2 x 2 m vil også være velegnede.

En normal anvendt procedure for weaning er samtidig fodring med såvel *Artemia* som tørfoder. Over en periode på 7-10 dage trækkes fodringstidspunktet med *Artemia* langsomt tilbage, således at dag for dag fodres 1-2 timer senere med *Artemia* end dagen før. Tørfoder tildeles derimod fra morgenen hver eneste dag. Herved „tvinges“ fiskene langsomt over på tørfoder, mens de fisk som er langsomme til dette stadig kan få levende foder over godt en uge. Individer som herefter stadig ikke er tilvænnet tørfoder vil sandsynligvis dø.

Såfremt overgangsperioden forlænges kan man få endnu flere fisk med over på tørfoder (dvs. dødeligheden reduceres yderligere) men dette skal afvejes mod de praktiske ulemper forbundet hermed, dels arbejde og udgifter til frembringelse af efterhånden meget store mængder levende foder dels risikoen for meget stor størrelsesforskel, idet fiskene på tørfoder vil vokse betydeligt hurtigere.

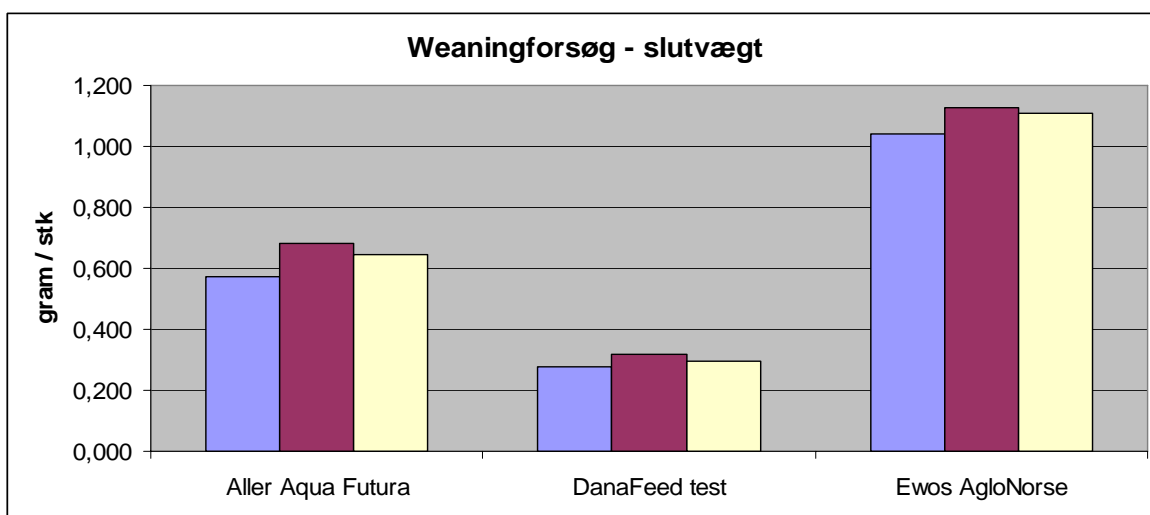
Tunger er relativt kræsne i fodervalget, når de skal tørfodertilvænnes. Såfremt der anvendes et velegnet foder, er tørfodertilvænningen dog ganske nem og dødeligheden begrænset, således at omkring 75 % af individerne vil blive weanede.

## Sammenligning af fodertyper

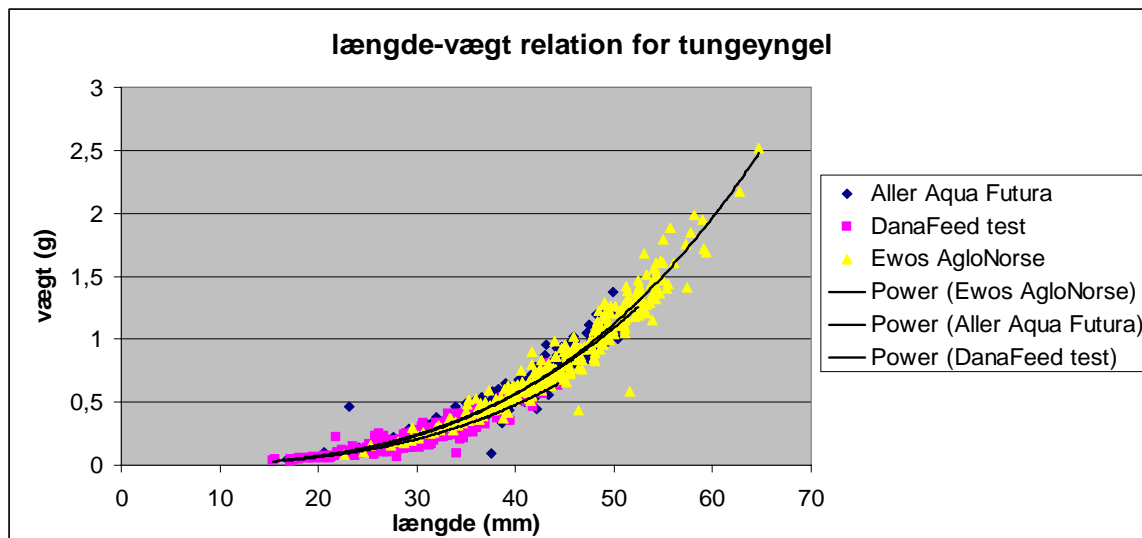
DTU Aqua har gennemført weaning af en lang række yngel-batches. I et af forsøgene blev betydningen af fodertype undersøgt ved sammenligning (tre kar pr. kode) mellem et testfoder fra Danafeed, Aller Aqua's Futura (ørredyngel-foder) og Ewos AgloNorse (specialudviklet, agglutineret produkt). Efter 7 uger blev fiskene vejet op, og resultatet fundet, som vist på figur 17. Fiskene foderet med AgloNorse havde klart den højeste slutvægt, mens der ikke var så stor forskel på overlevelseshraten mellem de tre fodertyper, dog også med størst overlevelse på AgloNorse.

Dette resultat stemmer helt overens med vore iagttagelser under de mange tørfodertilvæninger. Til tørfodertilvæning af tungeyngel synes AgloNorse at være et ret suverænt produkt, som da også anvendes af de kommercielle opdrættere. Foderet er til gengæld meget dyrt (400 – 500 kr./ kg) afhængig af de forskellige størrelser (1,2,3,4). Grundet prisen er det derfor i praksis et spørgsmål om, hvor tidligt man kan skifte over til andre, mere overkommelige, fodertyper, også fordi at fodermængden, der skal anvendes jo vokser eksponentielt svarende til tungernes tilvækst. Vi har typisk anvendt str. 2 (evt. lidt 1) og str. 3, hvori vi efterhånden har tilført mere og mere høj kvalitets-yngelfoder af anden type og betydeligt lavere pris (typisk 15-20 kr / kg).

Sammenlignes længde-vægt relationen for fodertyperne, opmålt på 300 stk. yngel for hver foderkode, ses det af figur 18, at nok er yngelen på Ewos AgloNorse klart størst, men trendlinien, indsat for hver kode, er ens for denne fodertype og Aller Aqua Futura. Dette kan indicere, at larvernes vækst er understøttet på begge fodertyper, mens de på den sidste synes at mangle somatisk tilvækst i forhold til længdevæksten, måske indikerende en mangelsituation.



Figur 17. Resultat af weaningforsøg med tre fodertyper i triplicat. Slutvægt angivet for hvert kar.



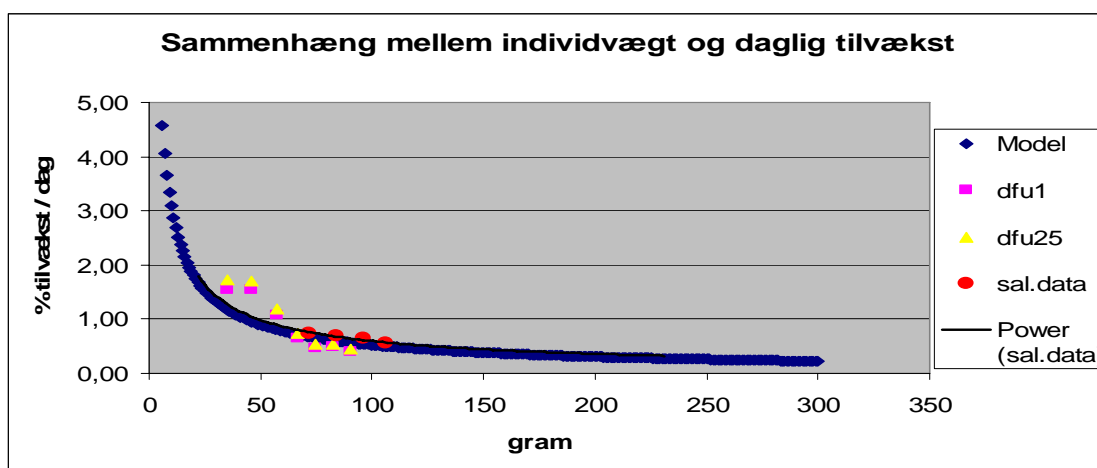
Figur 18. Resultat fra weaning forsøg med tre fodertyper. 3 x 100 fisk er individuelt vejet og længdemålt for hver fodertype. Sammenhængen (på AgloNorse) kan beskrives med følgende udtryk:  $\text{vægt} = 7 \cdot 10^{-6} \cdot \text{længde}^{3,07}$  ( $R^2=0,952$ ).

## Yngel- og ongrowing-fasen

### Vækst

Tunger har som yngel en ganske god tilvækst, som dog aftager noget med stigende individvægt. Denne sammenhæng mellem daglig tilvækst i procent (SGR) og individvægten i gram kan generelt beskrives ved følgende ligning:  $\text{SGR} = 18,16 \cdot \text{vægt}^{-0,77}$

Såfremt denne sammenhæng afbildes grafisk, fås en kurve som vist i figur 19.

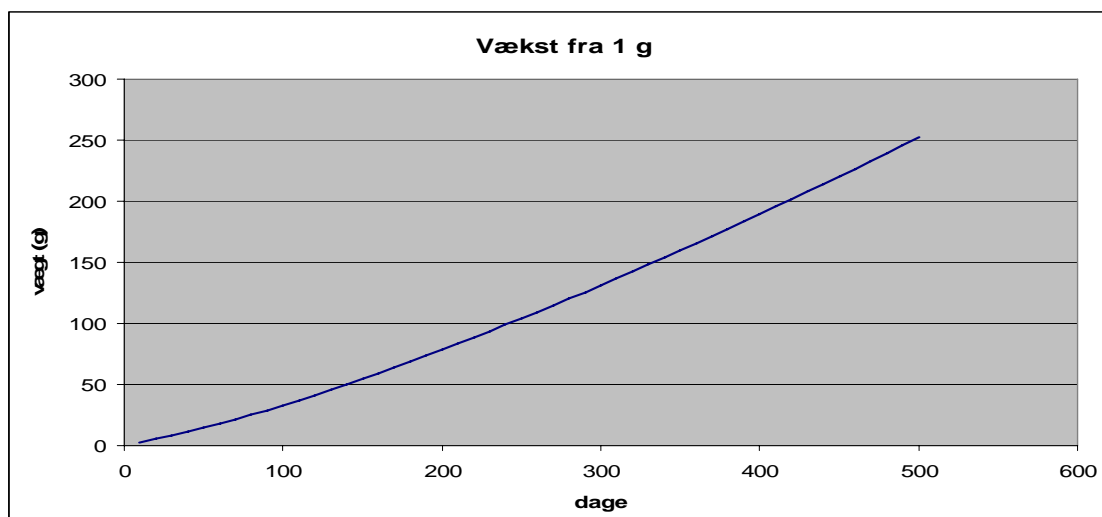


Figur 19. Sammenhæng mellem SGR og individvægt i gram. Modellen kan beskrives med formelen:  $y = 18,16 \cdot x^{-0,77}$

I figuren er også indsat nogle forsøgsresultater fra DTU Aquas forsøg. Som det fremgår svarer vore realiserede vækstdata meget godt med den generelle formel for tilvækstssammenhængen.

Specielt skal fremhæves de opnåede vækstdata fra saltholdighedsforsøget, hvor forholdene blev holdt konstante, herunder specifikt temperaturen, der blev holdt på 20,0°C. Selv om størrelsesintervallet fra dette forsøg er begrænset, ligger kurven for den beregnede Power-funktion, som også vist på figur 19, meget tæt på kurven for den ovennævnte viste ligning.

Sammenhængen i dette ene forsøg (sal.data) kan nemlig beskrives med: **SGR = 16,843 \* vægt<sup>-0,7255</sup>**.



Figur 20. Kurveforløb visende gennemsnitlig individvægt antal foderdage efter 1 grams størrelse. Kurven er baseret på ligningen  $SGR = 18,16 * vægt^{-0,77}$ .

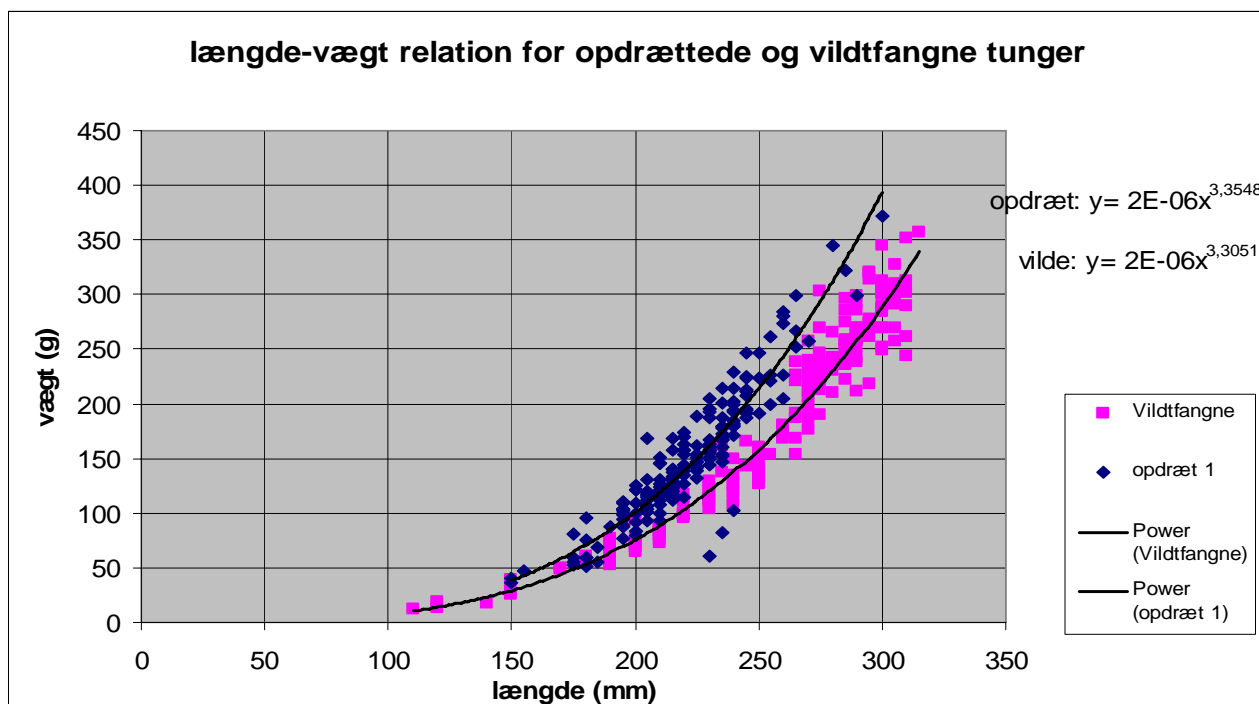
Såfremt sammenhængen mellem SGR og vægt omregnes, kan der fås et kurveforløb over sammenhængen mellem antal foderdage (fra en fiskestørrelse på 1 gram) og den løbende, gennemsnitlige individvægt. Denne relation er vist på figur 20. Det kan af denne f.eks. aflæses, at fisken gennemsnitligt er 1 år (365 foderdage) om at vokse fra 1 g til 170 g, og at det tager 416 dage at nå 200 g. Det er klart, at der her er tale om en gennemsnitsbetragtning, idet der altid vil være en betydelig individuel variation, og netop ved tunger er denne variation ekstra stor.

## Længde-vægt relationer

Sammenlignet med tilvæksten i havet er den opdrættede fisk betydeligt hurtigere til at opnå markedsstørrelse. Dette hænger naturligvis sammen med dels de optimale vilkår fiskene tilbydes i opdræt (temperatur, salinitet, ilt, vandkvalitetsparametre etc.) dels den rigelige fødetilgængelighed via et energirigt, velegnet foder og dels fraværet af prædatorer og mange sygdomme, parasitter etc., samt formentligt flere andre forhold.

Den hurtigere vækst i opdræt giver sig også udtryk i, at opdrættede tunger vejer mere end vildtfangne tunger af samme længde. Der er altså, populært sagt, mere kød på opdrættede tunger. I figur 21 er sammenlignet længde-vægt relationen for såvel opdrættede som vildtfangne tunger (data fra DFU-base), og som det fremgår, er længde-vægt relationerne noget forskellige.

Hvor en opdrættet tunge på 250 mm vejer ca. 220 gram vil en tilsvarende vildtfanget kun veje ca. 170 gram. Sammenhængen mellem længde i mm og vægt i gram kan for opdrættede tunger beskrives ved:  $Vægt = 2 \cdot 10^{-6} \cdot Længde^{3,3548}$  mens den for vildtfangne kan beskrives ved:  $Vægt = 2 \cdot 10^{-6} \cdot Længde^{3,3051}$



Figur 21. Længde-vægt relation for opdrættede hhv. vildtfangne tunger. Data fra eget opdræt samt DFU-base.

## Tæthedsafhængig vækst

En af de meget vigtige parametre (nøgleparameter) ved opdræt i recirkulations anlæg er produktionen pr. m<sup>2</sup> kar pr. år. Denne parameter fremkommer som en funktion af den gennemsnitlige bestandstæthed ganget med den gennemsnitlige tilvækst.

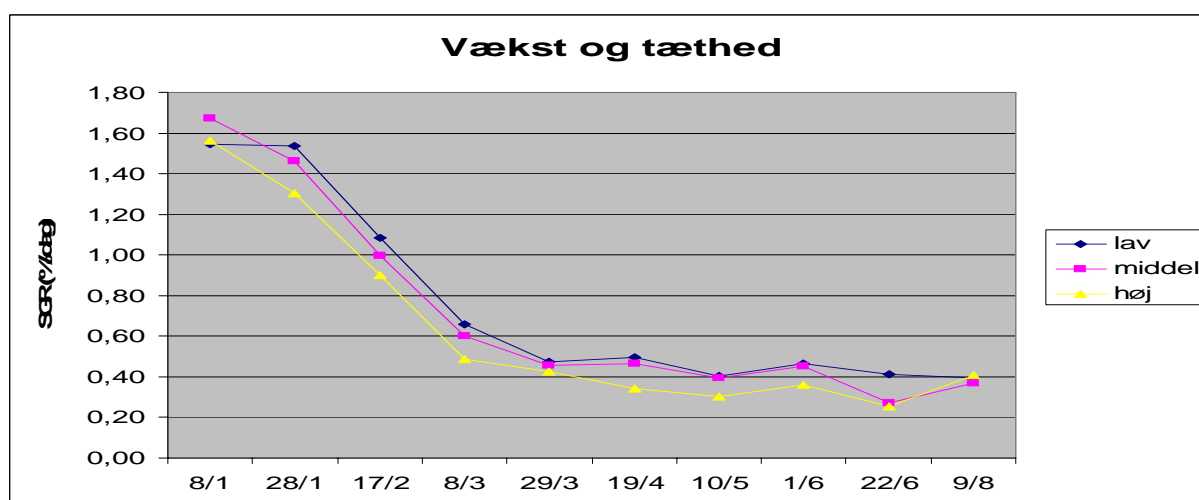
Set fra et produktionsmaksimerings-synspunkt er det således ideelt, såfremt hurtigt-voksende fisk samtidigt kan holdes i stor tæthed. Er dette ikke tilfældet, skal opdrætsarten enten være hurtigt-voksende, eller alternativt kunne holdes ved høj tæthed, for herved sikres stadig en relativt høj produktion pr. m<sup>2</sup> kar pr. år. Når produktionen er realiseret, er det selvfølgelig også vigtigt, at dækningsbidraget pr. kg produceret er så højt som muligt.

Hvor tunge som nævnt opnår meget høje markedspriser, har den imidlertid en begrænsning set med opdrætterøjne, idet tilvæksten er omvendt proportional med tætheden. Jo tættere fiskene går des langsommere vokser de altså.

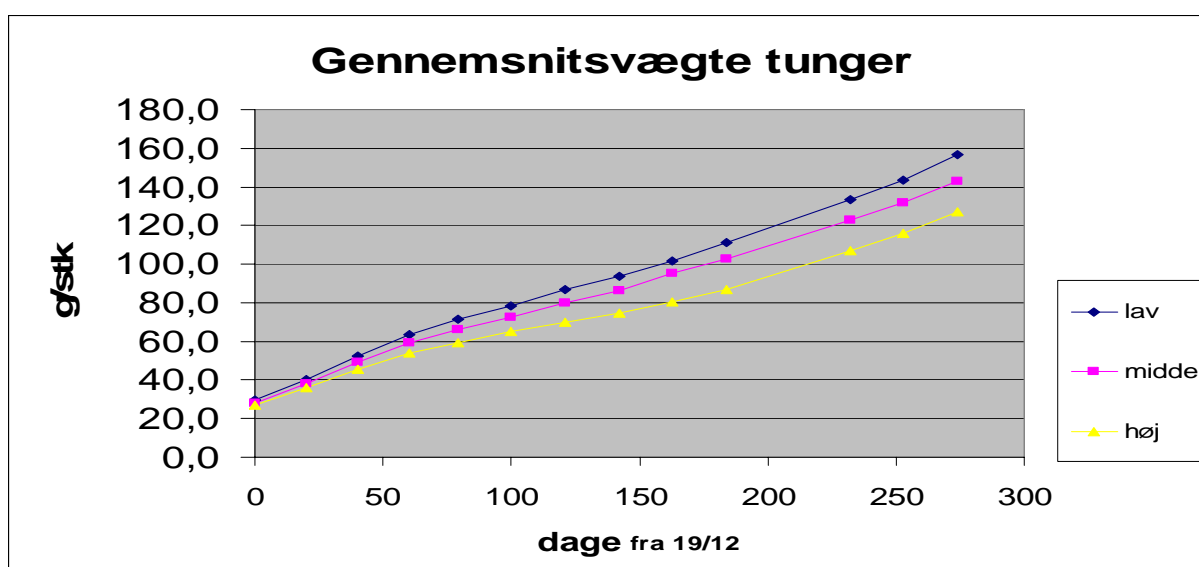
Denne sammenhæng er blevet grundigt undersøgt i et forsøg over mere end ½ år (19/12 – 9/8) hvor væksten ved tre forskellige tætheder (lav, middel, høj) blev undersøgt i triplikat (tre kar pr. tæthed). Forsøget blev indledt med tunger på 28 g/stk. ved tæthederne 2,5 - 3,75 og 5 kg /

m<sup>2</sup>. Hver tredje uge blev biomassen i alle kar opvejet og beregninger på tilvækst og foderkonvertering foretaget, hvorefter alle fiskene i hvert kar fortsatte i forsøg endnu en 3-ugers periode. Sluttæthederne blev på h.h.v. 10,3 - 13,7 og 15,7 kg/m<sup>2</sup> og tungerne vejede da gennemsnitligt 121 g/stk.

Figur 22 viser resultaterne vedrørende væksten (SGR) og figur 23 vedrørende gennemsnitsvægten i slutningen af hver periode. Selv om forskellen mellem tæthederne vurderet på SGR ikke ved første øjesyn ser stor ud, fremgår det af figur 23 at denne forskel tydeligt giver sig til kende på tungernes slutvægt. Denne var for lav, middel og høj tæthed henholdsvis 133, 123 og 107 g/stk. d. 9/8 og tilsvarende 156, 143 og 127 g/stk. d. 20/9.



Figur 22. Væksten, udtrykt som SGR, ved forskellige tætheder. Lav tæthed var ved forsøgsstart 2,5 kg/m<sup>2</sup> og ved forsøgsslut 10,3 kg/m<sup>2</sup>. Værdierne for Middel-tæthed var tilsvarende hhv. 3,75 og 13,7 kg/m<sup>2</sup>. Høj tæthed var hhv. 5 og 15,7 kg/m<sup>2</sup>.



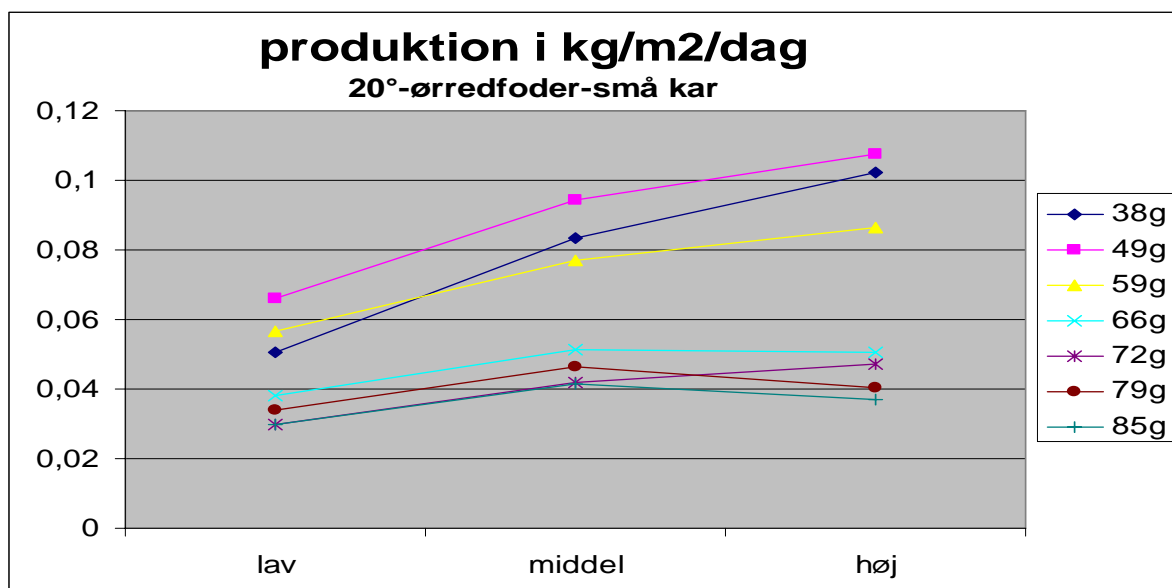
Figur 23. Gennemsnitsvægt ved slutningen af hver 3-ugers periode for tunger opdrættet ved tre forskellige tætheder. Lav tæthed var ved forsøgsstart 2,5 kg/m<sup>2</sup> og ved forsøgsslut 10,3 kg/m<sup>2</sup>. Værdierne for Middel-tæthed var tilsvarende hhv. 3,75 og 13,7 kg/m<sup>2</sup>. Høj tæthed var hhv. 5 og 15,7 kg/m<sup>2</sup>.

Kombinerer man de opnåede vækstdata med de løbende tætheder ( $\text{kg/m}^2$ ) disse er opnået under, kan man beregne den tæthed, som giver den højeste produktion pr.  $\text{m}^2$  pr. år (i figuren vist pr. dag).

Det viser sig derved, ganske interessant, at det produktionsmæssigt optimale driftspunkt afhænger af størrelsen på fiskene. For mindre tunger, op til 59 g/stk., kan det trods den lavere SGR bedst betale sig at holde svarende til Høj tæthed. For større tunger (66 g/stk. og derover) opnås faktisk størst tilvækst pr.  $\text{m}^2$  ved at holde fiskene ved hvad der svarer til Middel tæthed.

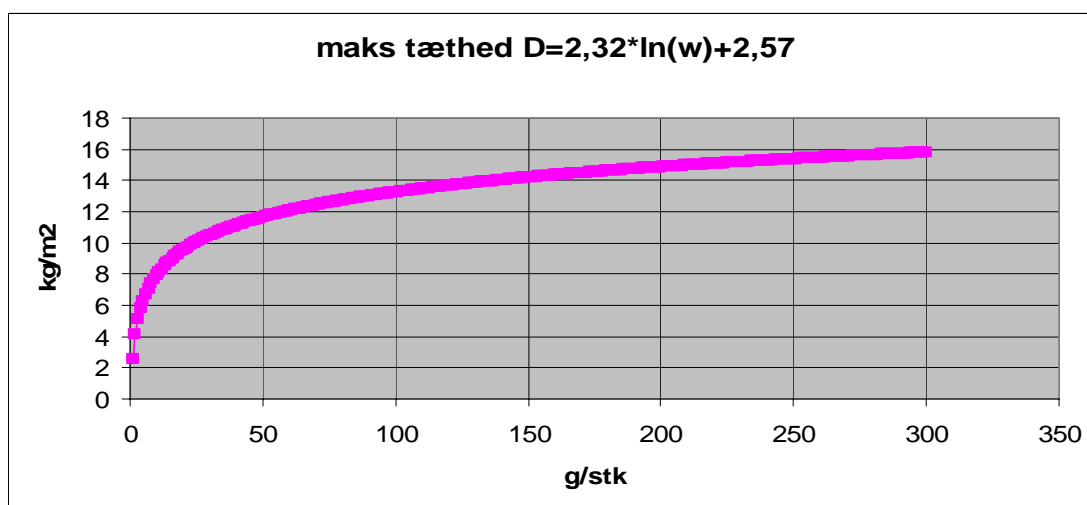
En produktion på  $0,1 \text{ kg/m}^2/\text{dag}$  svarer til  $36,5 \text{ kg/m}^2/\text{år}$  mens en produktion på  $0,044$  svarer til  $16 \text{ kg/m}^2/\text{år}$ . Nu skal de absolutte tal naturligvis ses i lyset af de forhold som forsøget blev kørt under, herunder anvendelsen af alm. ørredfoder samt opdræt i relativt små kar ( $1 \times 1 \text{ m}$ ), som ikke er optimale for større fisk. Under andre forhold skønnes den  $\text{m}^2$ -specifikke produktion at kunne øges noget.

Såfremt den  $\text{m}^2$ -specifikke produktion f.eks. sættes til gennemsnitligt  $25 \text{ kg/m}^2/\text{år}$ , svarer dette til, at et anlæg til produktion af 100 t tunger pr. år skal have  $100.000/25 = 4.000 \text{ m}^2$  kar til rådighed. Herved understreges det relativt store areal-behov (kar-areal), som tungeopdræt fordrer.



Figur 24. Den  $\text{m}^2$ -specifikke produktion ( $\text{kg produktion/m}^2/\text{dag}$ ) opnået ved forskellige tætheder for 7 forskellige størrelser af tunge.

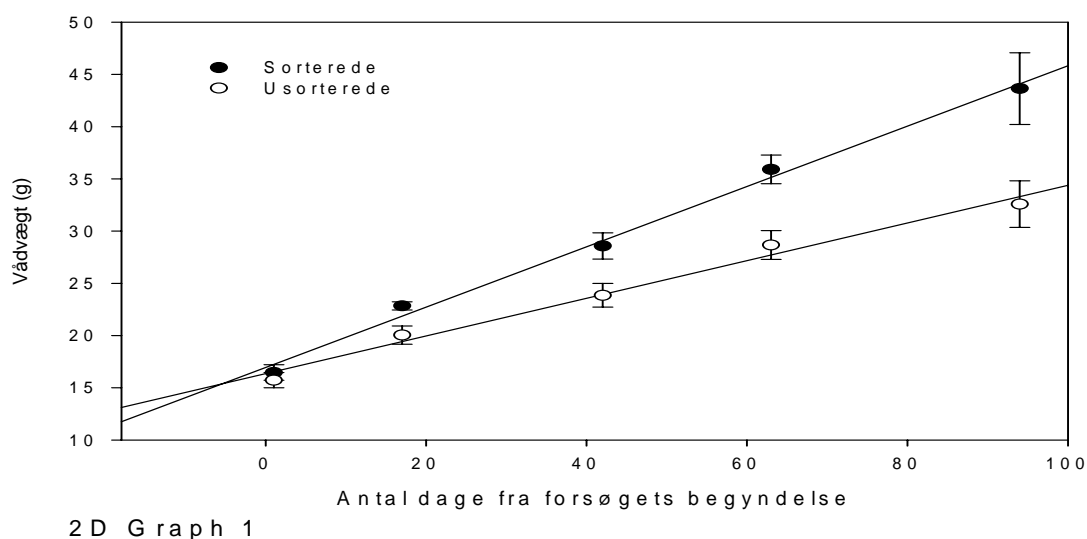
Andre studier (Howell, 1998; Schram *et al.*, 2006) har ligeledes påvist en negativ sammenhæng mellem tæthed og vækst af alm. tunge. Imsland *et al.*, (2003) beskriver den maksimale tæthed (D) ved ligningen:  $D = 2,32 * \ln(\text{individvægt}) + 2,57$ , hvilket afbildet i en graf kan ses i figur 25.



Figur 25. Anbefalet tæthed i forhold til fiskestørrelse. Fra: Imsland *et al.*, 2003.

Det er ikke klart, hvad årsager og forklaring på denne omvendte sammenhæng mellem tæthed og vækst hos tunger skyldes, men det skønnes at være relateret til hierarki-dannelse og evt. fodertilgang. Der er behov for fortsatte undersøgelser heraf, med henblik på evt. at kunne modvirke tæthedseffekten.

En måde at reducere eventuelle hieraki-effekter på, kunne være via sortering. Herved kan man sikre sig, at individerne i et kar er af ensartet størrelse, hvorved størrelses-relateret hierarki burde kunne reduceres. Som beskrevet i Overton *et al.*, in prep, Bilag XI og vist i figur 26, har sortering positiv effekt på den samlede tilvækst i et kar, og sorterede fisk opnår højere gennemsnitsvægt.



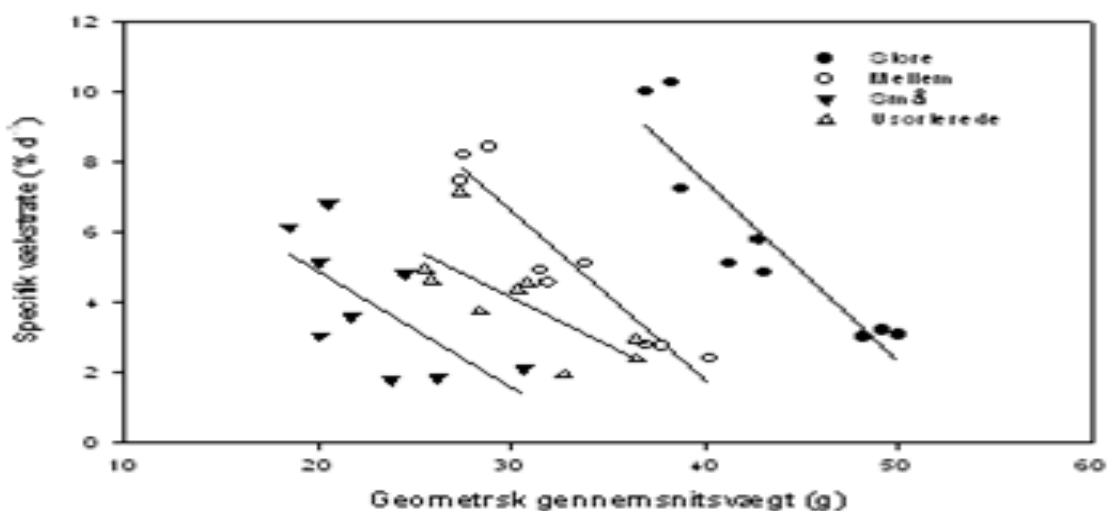
Figur 26. Gennemsnitsvægte af sorterede hhv. usorterede tunger over 70 dages forsøg.

Størrelsessortering ser således ud til at være et vigtigt redskab i tunge opdrættet og muliggør produktion af et ensartet produkt. Forsøgene viste, at fisk sorteret i 4 grupper (små, mellem,



store og usorterede) fortsatte med at vokse forskelligt. Vækstraterne var signifikant større for de store fisk end de små fisk for alle tre forsøgsperioder, hvilket viser at de største fisk blev relativt større end de mindre med tiden, og derfor fortsatte den tilvækst som gjorde, at de var størst ved forsøgets begyndelse. De usorterede fisk repræsenterede en blanding af de 3 andre grupper, og havde en SGR værdi noget mindre end middelværdien af de sorterede.

Ved at plotte den specifikke vækstrate mod den geometriske gennemsnitsvægt (Figur 27) var det muligt at sammenligne vækstratens udvikling med tid for de enkelte hold. Figuren viser, at de store fisk blev ved med at have den højeste SGR uanset de vejede næsten 50 gram ved forsøgets afslutning. De små fisk havde en lav SGR hele vejen gennem forsøget og var således tilsyneladende ikke i stand til at udnytte at de større fisk var fjernet. Ligeledes havde de usorterede også lave vækstrater gennem hele forsøget. (se i øvrigt bilag XI).



Figur 27. Specifik vækstrate (SGR) som funktion af geometrisk gennemsnitsvægt (GM) for små, mellem, store og usorterede fisk. Udregningerne af SGR og GM er baseret på individvejninger.

Konklusionen må være at de store og mellemstore fisk havde gavn af sorteringen. De små er mere eller mindre tabt og opnår tilsyneladende ingen positiv effekt af sorteringen. De usorterede fisks vækstrate var ligeledes lav gennem hele forsøget.

Det må formodes, at sortering reducerer de sociale interaktioner mellem fisk af forskellig størrelse. Det er vist i talrige eksperimenter, at der i kar med store individbaserede størrelsesforskelle forekommer undertrykkelse af de mindre individer. Dog var det interessant, at små fisk vedblev at vokse langsomt selv efter de var sorteret, hvilket således ikke kan forklares ved hierarkiske interaktioner mellem fisk af forskellig størrelse.

Sortering gør det ivotrigt muligt at optimere foderpillestørrelsen, og bedre regulere udfodringen som bidrager positivt til bedre foderudnyttelsen.

Der er dog også mulige negative effekter af (hyppig) sortering, idet fysiske påvirkninger af fiskene forbundet med håndtering, kan give anledning til infektioner eller øget stress med reduceret udbytte som resultat.

## ***Foderkonvertering***

Under de mange forskelligt artede forsøg som er udført, er der også generelt som standard beregnet foderkonvertering (FK værdi; kg foder/kg tilvækst). Denne varierer naturligvis en del alt efter forsøgets karakter, og især efter den anvendte fodertype. Bortset fra enkelte forsøg, hvor mere specielle fodertyper har indgået, har vi generelt været henvist til at bruge foderfirmaernes ”marin-foder”, som generelt er foder af høj kvalitet baseret hovedsageligt på marine råvarer og med et højt proteinindhold og et relativt lavt fedtindhold.

Disse fodertyper har som sådan fungeret udmærket til tungeopdræt, idet vi har haft normal tilvækst og meget lav dødelighed. Men samtidigt er det klart, at ingen af disse fodertyper er tilpasset tungs specielle behov. Der vides relativt lidt om disse specifikke behov, men det er vigtigt at erindre, at tunge ikke er en rovfisk som f.eks. pighvar, torsk eller laks, der alle primært spiser andre fisk, hvorfor et fiskemelsbaseret foder generelt vil opfylde artens behov. Tungens primære fødekilde er invertebrater (orme o.lign., der opsøges med ”lugtesansen”), og de har formentlig et anderledes ernæringsbehov end de egentlige rovfisk. Fermenterede produkter indeholdende flere kortkædede peptider og evt. frie aminosyrer vides at have god effekt på tunger, enten via ernæringseffekten eller via en attraktant-virkning eller måske begge dele. Supplement med specifikke aminosyrer kan være relevant, fedtsyrer måske ligeså, ligesom vitamin/mineral behovet kan være forskellig fra andre fisk.

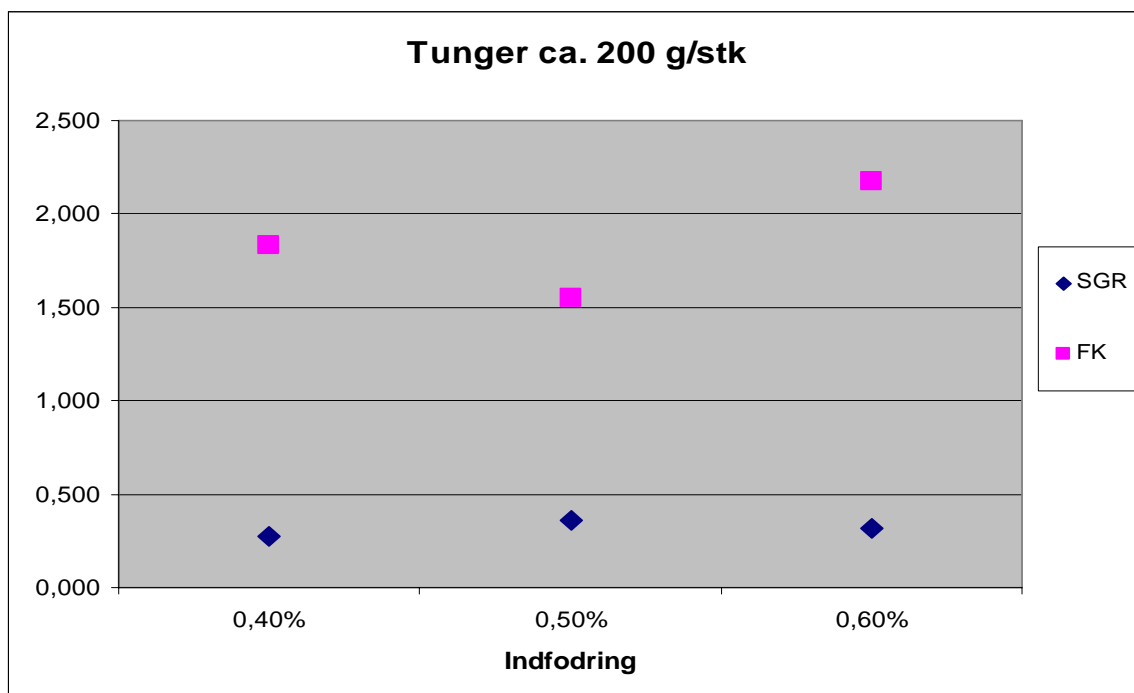
Baseret på de opserverede resultater vil det være rimeligt at forvente en foderkonvertering på omkring 1,8 for en tunge til markedsstørrelse. Flere foderfirmaer arbejder for tiden på at udvikle specifikt foder til tungeopdræt, såfremt dette arbejde bærer frugt vil der formentlig kunne ske en betydelig reduktion af foderkonverteringen.

## ***Indfodring, tilvækst og foderkonvertering***

I et forsøg har vi prøvet at fastlægge sammenhængen mellem indfodringsmængde ( % af biomasse/dag), tilvækst og foderkonvertering. Tunger på ca. 200 g/stk. blev over en periode på 6 uger (3 perioder á 2 uger) fodret med hhv. 0,40 – 0,50 og 0,60 % foder/dag. Forsøget blev udført i triplikat (tre kar/indfodringsniveau) med mellemvejning hver anden uge og efterfølgende korrektion af indfodringsmængde.

Resultatet af dette forsøg - vist i figur 28 - var, at den bedste vækst blev opnået ved en indfodring på 0,50 % fulgt af 0,60 % og med 0,40 % resulterende i den dårligste vækstrate. Det kunne være forventet, at væksten ved 0,60 % ville være mindst lige så god som ved 0,50 %, men dette var altså ikke tilfældet i dette forsøg, hvorimod det var forventeligt, at væksten ville blive nedsat ved den lavere indfodring på 0,40 %, sådan som resultatet også blev.

Ser man på de realiserede foderkvotienter (FK), tegner der sig et interessant billede. De bedst voksende, 0,50 % indfodring, endte med en FK på 1,55. De tre kar, som fik højere indfodring endte med en FK på 2,18, tydeligvis indikerende at det ekstra foder ikke blev spist eller i hvert fald ikke bidrog med yderligere tilvækst på tungerne. De tre kar, som fik mindre indfodring, endte med en FK på 1,83 – midt mellem de to øvrige koder. Foderet er her formentlig blevet spist, men grundet den lavere indfodring har en større andel af foderets energi måttet gå til stofskifte, hvorfor en mindre del kan gå til tilvækst. Dette resulterer som forventeligt i en dårligere FK end ved en indfodring tættere på det optimale indtag.



Figur 28. Resultatet af et triplikat forsøg over 6 uger med forskellig indfodringsprocent (0,40 – 0,50 og 0,60 % / dag) til tunger på ca. 200 g/stk. Resulterende vækstrate (SGR) og foderkvotient (FK) er vist for gennemsnittet af de tre kar / kode.

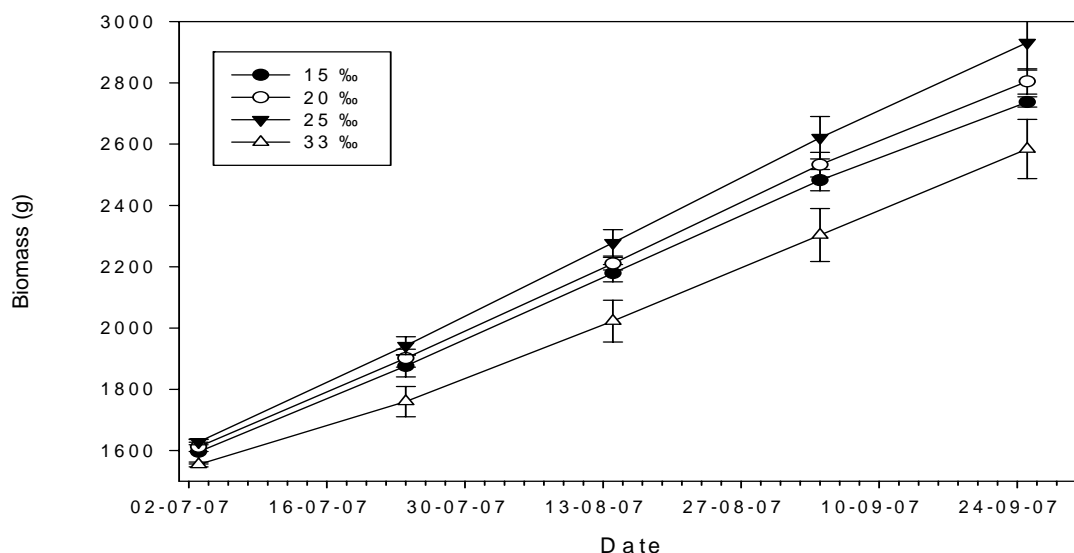
## Betydning af saltholdighed

Tunge tilhører ordenen Pleuronectiformes sammen med f.eks. pighvar og skrubbe. Adskillige medlemmer af denne orden betragtes som euryhaline (Evans, 1984). To typer euryhaline fisk kan adskilles, nemlig de fuldt euryhaline som kan overleve i såvel ferskvand som fuld styrke havvand (33 ppt) og så de partielt euryhaline, der er i stand til at overleve i såvel høj som lavere salinitet (Arjona *et al.* 2007). Euryhaline fisk kan opretholde den osmotiske koncentration og blodplasmaets ion-koncentrationer på et konstant niveau i omgivende saliniteter over og under den osmotiske koncentration i deres blodplasma (Karnaky, 1998).

Selvom tunger er i stand til at overleve i forskellige saliniteter, er det ikke dermed givet, at vækst og foderudnyttelse vil være den samme under de forskellige forhold. Da saliniteten samtidigt er en parameter som dels er ganske let at kontrollere og styre i recirkulations anlæg

dels vil være forbundet med div. driftsøkonomiske overvejelser, blev betydningen heraf undersøgt i et speciale-samarbejde mellem Aalborg Universitet, AU og DTU Aqua.

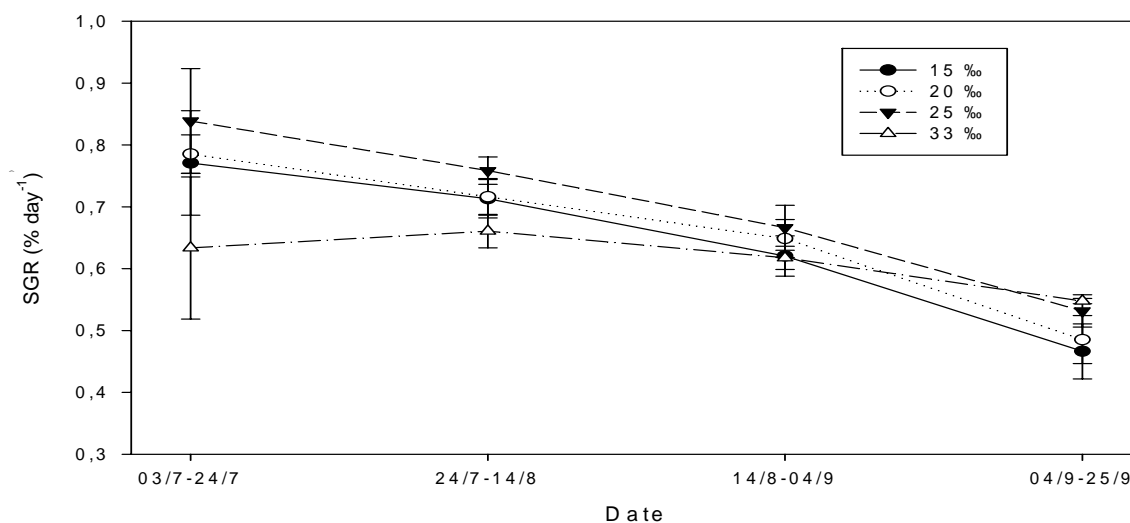
Tre saliniteter: 15, 20, 25 og 33 promille, blev undersøgt i et vækstforsøg, udført i triplikat (tre kar/salinitet). Efter udsortering og tilvænning til den pågældende salinitet, blev fiskene holdt og fodret ved den pågældende salinitet i 12 uger med opvejninger hver 3. uge. I nedenstående figur 29 er vist resultaterne for total biomasse i karrene.



Figur 29. Resulterende biomasse/kar ved vækstforsøg i fire saliniteter. Hvert punkt er et gennemsnit af 3 kar.

Som det fremgår, er der ikke nogen signifikant forskel mellem de resulterende biomasser, men måske en indikation af bedst tilvækst ved 25 promille efterfulgt af 20, 15 og 33.

Beregnes væksten som specifik vækstrate (SGR), der udtrykker den procentvise vækst pr. dag, fremkommer et forløb som vist på figur 30.



Figur 30. SGR for hver af de fire sammenhængende vækstperioder vist for hver af fire saliniteter. Temperatur 20° C.

Igen kan der konstateres kun ganske små - og ikke signifikante - forskelle mellem saliniteterne, dog stadig med 25 promille visende den bedste vækstrate. Det er til gengæld klart for alle saliniteter, at vækstraten falder over tid, i takt med at tungerne bliver større. Alle vækstrater ligger fint på linie med andre publicerede resultater ved samme temperatur (20° C).

Det kan forekomme overraskende, at vækstraten ikke forbedres ved de lavere saliniteter (den er derimod bedst ved 25 ‰), idet flere studier har vist, at væksten kan forbedres når fisk holdes ved saliniteter tættere på isoosmotisk niveau. Gaumet *et al.* (1995) og Imsland *et al.* (2001) fandt signifikant bedre vækst hos juvenile pighvar (*Scophthalmus maximus*) opdrættet i ”mellem-saliniteter” (15 and 19 ‰). Torsk (*Gadus morhua*) (Lambert *et al.*, 1994) og skrubbe (*Platichthys flesus*) (Gutt, 1985) er også vist at have bedre vækst ved lavere salinitet. Denne effekt menes i disse tilfælde at kunne tilskrives energibesparelsen, som er forbundet med ikke at skulle osmoregulere så meget (mindre salt skal transporteres ud af fisken).

En tilsvarende effekt kan altså ikke observeres hos tunge. Dette er i overensstemmelse med Fonds (1976), der ikke kunne påvise nogen vækstforskel hos juvenile tunger i intervallet 10 – 40 ‰.

## Temperatur

Tunge kræver relativt varmt vand (+ 20° C) for optimal vækst i juvenil- og on-growing stadierne (Imsland *et al.* 2001). Fonds (1976) indikerer optimum temperatur for vækst hos juvenile tunger til mellem 20 og 25 °C og lavere optimale temperaturer for større individer (20 °C).

Der blev ved DTU Aqua i Hirtshals i 2008 gennemført forsøg med henblik på at fastslå den optimale temperatur for daglig vækst (SGR\*) og foderudnyttelse (FK) hos tunge i on-growing fasen (start individvægt 150 g).

$$FK = \text{Foder indtaget } (t_i - t_0) / \text{biomasseforøgelse } (t_i - t_0)$$

$$SGR = \ln(W(t_i)/W(t_0)/(t_i - t_0)) \times 100$$

Den eksperimentelle del af forsøget blev gennemført i et forsøgsanlæg bestående af 12 individuelle anlæg baseret på recirkulationsteknologi. Hvert anlæg bestod af et kar til hold af fisk med en volumen på 0,4 m<sup>3</sup> (1x1x0,6 m.). Via en afløbsrist i bunden passerende udløbsvandet en 25 liters hvirvelseparator hvor foderspild og fækalier blev opsamlet. Efterfølgende løb vandet ned i et 270 liters udløbsreservoir, hvori der var placeret et 1500W varmelegeme. Varmereguleringen foregik vha. en TLK38 mikroprocessor, hvis input kom fra en PT100 føler placeret i reservoiret. Vandet blev herfra pumpet op i et dykket biofilter på 700 liter 200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> m<sup>3</sup> overflade (Bio-Blok, Exponet DK), og passerende før returnering til fiskene et rislefilter (180 l.). Vandudskiftningen i karrene var under forsøgene omkring 1 m<sup>3</sup> i timen og vandudskiftningen i anlæggene var 50 % af anlægsvolumenet pr døgn. Døgnrytmen var 10 timers nat og 14 timers dag (08:00 til 22:00).

Foderet var DANA 15/62, 3mm fra DanaFeed (nuværende BioMar). Foder blev tildelt fiskene vha. båndautomater i perioden fra kl. 9 til kl. 15. Den daglige foderration var 0,3 % af den

daglige forventede biomasse. Foderspild blev registreret dagligt mellem kl 15 og kl 16. Der blev alle dage konstateret foderspild fra samtlige kar. Det gennemsnitlige foderspild under forsøget var 7,8 % af den indfodrede mængde.

Fiskene som indgik i forsøget var klækket og opdrættet i forsøgsfaciliteterne i Hirtshals. Moderfiskene var vilde fisk fanget i Skagerrak umiddelbart før gydningen. De anvendte forsøgsfisk var 2 år gamle og vejede ved forsøgets start i gennemsnit  $155 \pm 14$  g. Fiskene blev overført til forsøgsanlægget 4 måneder før forsøgets gennemførelse. Temperaturen var i perioden til forsøgets påbegyndelse omkring 20° C. Indledningsvis blev der isat 7000 gram fisk pr kar. Tre uger før forsøgets påbegyndelse blev biomassen i karrene reduceret til 4 kg pr kar svarende til ca. 25 fisk og temperaturen gradvist justeret ind til de ønskede værdier (Tabel 2), vha. max 2 graders justering hver anden dag. Temperaturen i karrene blev logget hvert 5 minut. Standardafvigelsen på temperaturmålingerne gennem forsøgsperioden varierede mellem 0,02 og 0,6 °C pr kar.

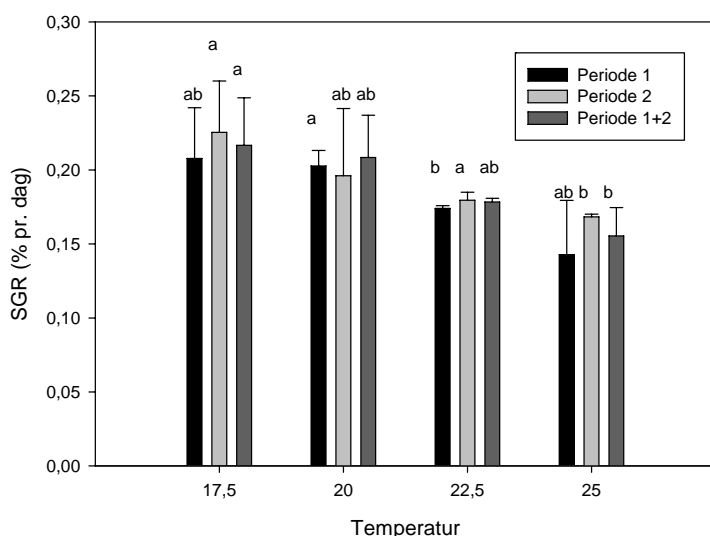
Ved forsøgets påbegyndelse (d. 22. maj 2008) blev biomassen atter justeret til 4 kg. pr. kar. Efter forsøgets første periode dag 21 (d. 12 juni 2008) blev biomassen pr kar bestemt ved vejning hvorefter anden periode på 21 dage blev gennemført og afsluttet med opvejning af biomassen pr kar (d. 3 juli 2008).

*Tabel 2. De 4 valgte temperaturers fordeling over de 12 forsøgskar.*

Kar nr.	Temperatur °C
1	17,5
2	25
3	20
4	17,5
5	25
6	20
7	20
8	22,5
9	22,5
10	25
11	17,5
12	22,5

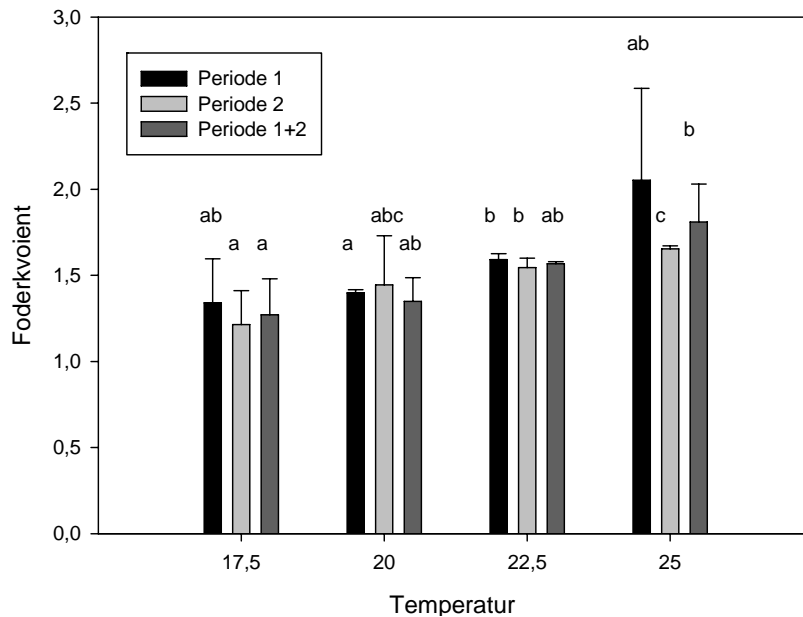
Resultaterne viser, at der var en tendens til faldende vækst (SGR) med øget temperatur (Figur 31). For periode 2 og for den samlede forsøgsperiode (periode 1+2) blev der observeret signifikant lavere SGR værdier ved 25 °C end ved 17,5 °C. De høje standardafvigelser i en række af behandlingerne vanskeliggør yderligere nuancering af konklusionerne. Der er tidligere gennemført 2 studier af temperaturens indflydelse på vækst af tunge (*Solea solea*). Irwin (1973; in Howel 1997) gennemførte et studie af opdrættede tungeyngel med en længde på 5 cm i temperaturintervallet 11-27 °C. Fiskene blev fodret ad libitum med sandorm over 12 uger. Resultaterne viste en klar øget tilvækst som funktion af højere temperaturer i intervallet fra 11 til 20 °C. I intervallet fra 20 °C til 27 °C øgedes tilvæksten ikke med øgede temperaturer. Fonds (1975) gennemførte et vækststudie på tunger fanget i naturen med en længde på 12-13 cm.

Disse blev fodret med muslinger over en periode på et år ved temperaturer på hhv. 10, 15, 20 og 25 °C. Konklusionen på dette studie var, at fiskenes optimale væksttemperatur var 20 °C. Mindre fisk kunne udnytte højere temperaturer til øget vækst. Større fisk voksede bedre ved lavere temperaturer og var tilsyneladende mindre egnede til at tilpasse sig forskellige temperaturer. Howell (1997) forklarer denne reducerede tilpasningsevne for store fisk med yngelens behov for at søge føde på lavt vand hvor svingende temperaturer er mere udprægede end i de dybere zoner, hvor de større fisk opholder sig.



Figur 31. SGR som funktion af målte temperaturer i hhv. periode 1, 2 og de to perioder samlet (1+2). Kolonner repræsenterende samme periode med forskelligt bogstav er signifikant forskellige (Anova variansanalyse,  $\alpha = 0,05$ ).

Foderkvotienten øgedes med øgede temperaturer (Figur 32). Foderkvotienten var signifikant højere ved 22,5 og 25 grader end ved 17,5 grader for den samlede forsøgsperiode (periode 1+2). Dette viser at fiskene fysiologisk er i til at udnytte foderet bedre ved den lave temperatur.

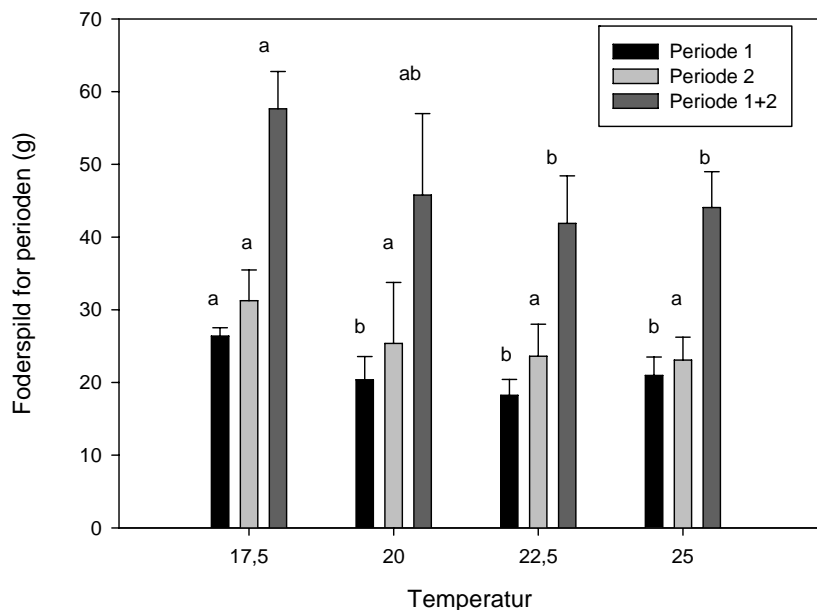


Figur 32. Foderkvotienten som funktion af målte temperaturer for periode 1, 2 og de to perioder samlet (1+2). Kolonner repræsenterende samme periode med forskelligt bogstav er signifikant forskellige (Anova variansanalyse,  $\alpha = 0,05$ ).

Foderspildet var højest ved den laveste temperatur på 17,5 °C og ikke forskelligt ved de øvrige temperaturer (Figur 33). Statistisk set var foderspildet i periode 1 signifikant højere end i de resterende perioder, som ikke var statistisk forskellige. Foderspildet var ikke statistisk forskelligt i anden periode, hvorimod det for den samlede forsøgsperiodes vedkommende var signifikant højere ved 17,5 °C end ved hhv. 22,5 °C og 25 °C. Det højere foderspild ved den laveste temperatur kan forklares ved, at fiskene er mindre aktive ved denne temperatur og derved har lavere chance for at finde føden. Det er interessant, at foderkvotienten var lavest ved den laveste temperatur. Dette indikerer en mulighed for at rationalisere driften, ved at gøre det muligt for fiskene at finde mere af føden før den forsvinder gennem bundristen.

Forsøgets konklusion er, at opdræt af store tunger til konsumstørrelse med fordel kan udføres ved temperaturer på 17,5 til 20 °C.





Figur 33. Foderspild som funktion af temperatur for periode 1, 2 og de to perioder samlet (1+2). Kolonner repræsenterende samme periode med forskelligt bogstav er signifikant forskellige (Anova variansanalyse,  $\alpha = 0,05$ ).

## Generelle kommentarer

Efter at have holdt tunger i så lang en periode, er der naturligvis mange daglige observationer vedrørende arten, som kan være relevante for kommende opdrættere.

Generelt vurderes tunge at være særdeles nem at holde i recirkulations opdrætsanlæg. Den er ikke specielt krævende hvad angår generelle vandkvalitetsparametre, og ved normal drift rammes den meget sjældent af sygdomme el.lign., ligesom den generelle dødelighed er lav.

Fisken er rolig i karrene og søger aktivt foderet, når dette rammer bunden. Den er alt i alt meget ”nem” at have i kar.

I forbindelse med f.eks. for voldsom håndtering eller kraftig stress-påvirkning ved enkeltvejning o.lign. kan der forekomme røde haler. Det er vigtigt at få dette behandlet umiddelbart, inden en egentlig infektion manifesterer sig i bestanden.

Halerne er i det hele taget et vigtigt punkt i tungeopdræt. På et tidligt tidspunkt, normalt nogle uger efter weaning, skal man være meget opmærksom på en eventuel forekomst af røde haler hos yngelen. Dette opstår som et resultat af en infektion med formentlig *Flexibacter sp.* i et uheldigt sammenfald med en tendens til halebid fra de andre fisk i karret. Hvad der er årsag og hvad der er følgevirkning kan være svært at definere, men der er formentlig tale om et selvforstærkende, uheldigt sammenfald som uden behandling kan risikere at ende med helt eller delvist manglende hale, som ikke regenereres siden hen. Et eksempel er vist i figur 31. Fremtidige forsøg skal prøve at belyse dette nærmere. Da tunger, som et ”høj pris produkt”,

normalt sælges hele på det Sydeuropæiske marked, vil manglende eller ufuldstændige haler kunne risikere at medføre nedsat afregningspris.

Det er derfor vigtigt at undgå denne uheldige effekt, gerne ved forebyggelse via moderat tæthed hos yngelen, intensiv fodring i hele lysperioden og løbende tilsyn. Tegn på begyndende infektion bør i givet fald behandles hurtigst muligt.



*Figur 34. Opdrættet tunge af markedsstørrelse, bemærk halen.*

## Referencer

- Amstrong, M. J. Connolly, P. Nash, R.D.M. (2001) An application of the annual egg production method to estimate the spawning biomass of cod (*Gadhus morhua* L.), plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and sole (*Solea solea* L.) in the Irish Sea. ICES Journal of Marine Science, 58, 183-203.
- Arjona, F., Franscisco, J., Vargas-Chacoff, L., Ignacio, R.J., Martin, Del-Rio M.P., Mancera, J.M. (2007) Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes in environmental salinity. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology Vol. 148, 413-421.
- Baynes, S. M., Howell, B. R. & Beard, T. W. (1993). Aquaculture and Fisheries Management, 24, 171-180.
- Bernado, J., (1990). Dinâmica de uma Lagoa Costeira eutrófica (Lagoa de Santo André). PhD Thesis, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Bolker, J.A., Hill, C.R. (2000) Pigmentation development in hatchery – reared flatfishes. J. Fish Biol. 56, 1029-1052.
- Bowers, A. B. (1966). Marine fish culture in Britain VI. The effect of the acclimatization of adult plaice to pond conditions on the viability of eggs and larvae. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploitation de la Mer 30, 196-203.
- Bromley, P.J., Ravier, C. & Witthames, P.R. (2000) The influence of feeding regime on sexual maturation, fecundity and atresia in first-time spawning turbot. Journal of Fish Biology, 56, 264-422.
- Blaxter, J. H. S. (1988). Pattern and variety in development. Fish Physiology, Vol. 11A (eds. Hoar W.S. & Randall, D.J.), pp. 1-58. Academic press, San Diego.
- Bransden, M.P., Butterfield, G.M., Walden, J., McEvoy, L.A., Bell, J.G. (2005). Tank colour and dietary arachidonic acid affects pigmentation, eicosanoid production and tissue fatty acid profile of larval Atlantic cod (*Gadus Morhua*). Aquaculture 250, 328-340.
- Devauchelle, N. Alexandre, J. C., LeCorre, N. Letty, Y. (1987). Spawning of sole (*Solea solea*) in captivity. Aquaculture 66, 125-147.
- Dinis, M. T., Riberio, L., Soares F., Sarasquete, C. (1999). A review on the cultivation potential of *Solea senegalensis* in Spain and Portugal. Aquaculture 176, 27-38.
- Drake, P., Arias, A.M. (1993) Larval feeding habits and diel rhythms of four species of marine fish in a tidal creek of Cadiz bay (Spain), p 153-159. In: Walther, B.T., and Fyhn, H.J., (Eds), Physiological and Biochemical Aspects of Fish Development, Univ. Bergen, Norway. 355 p.

- Evans, D.H. (1984). The Roles of gill permeability and transport mechanisms in euryhalinity.. Fish Physiology Vol. 10, part B, pp 239-275 (eds. Hoar, W.S. & Randall, D.J., Academic Press, San Diego.
- Fonds, M. (1976). The influence of temperature and salinity on growth of young sole *Solea solea* L. Proceedings of the 10th European Symposium on Marine Biology Vol. 1, 109-125.
- Gaumet, F., Boeuf, G., Severe, A., Le Roux, A., Mayer-Gostan, N. (1995). Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. Journal of Fish Biology Vol. 47, 865-876.
- Gibson, R. N. (2005). Flatfishes. Biology and Exploitation. Fish and aquatic resources, series 9. Blackwell publishing.
- Girin, M. (1979). Production methods of juveniles of three marine fishes: the sea-bass (*Dicentrarchus labrax* ), the sole (*Solea solea* ) and the turbot (*Scophthalmus maximus*.) Rapp. Sci. Tech., 39, 202 p., Publ. CNEXO (France).
- Gjedrem, T. (2000). Genetic improvement of cold- water fish species. Aquacult. Res. 31, 25-33.
- Gutt, J. (1985). The growth of juvenile flounders (*Platichthys flesus* L.) at salinities of 0, 5, 15 and 35 ppt. Journal of applied ichthyology, Vol. 1, 17-26.
- Howell, B.R (1997). A re-appraisal of the potential of the sole, *Solea solea* (L.) for commercial cultivation. Aquaculture 155, 355 -365.
- Howell, B.R. (1998). The effect of stocking density on growth and size variation in cultured turbot and sole. ICES CM 1998/L:10
- Howell, B.R., Tzoumas, T.S. (1991) The nutritional value of *Artemia* nauplii for larval sole, *Solea solea* (L), with respect to their (n-3) HUFA content. In: Lavens, P., Sorgeloos, P., Jaspers, E., and Ollevier, F. (eds.) Larvi '91 –Fish and Crustacean Larviculture Symposium. Special Publication no. 15, European Aquaculture Society, Gent, Belgium, 63-65.
- Hunter, J. R., Macewicz, B. J. (1985). Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fisheries Bulletin, 83, 119-136.
- Imsland, A.K., Foss, A., Conceição, L.E.C., Dinis, M.T., Delbare, D., Schram, E., Kamstra, A., Rema, P., White, P. (2003). A review of the culture potential of *Solea solea* and *S. senegalensis*. Rev.Fish Biol. Fish. 13, 379-407.
- Imsland, A.K., Foss, A., Gunnarsson, S., Berntssen, M.H.G., FitzGerald, R., Bonga, S.W. Ham, E.V., Naevdal, G., Stefansson, S.O., (2001). The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture Vol. 198, 353-367.
- Imsland, A.K., Wergeland, T., Jonassen, T.M., Stefansson, S.O. (2006). Does malpimentation improve growth in juvenile turbot (*Schophthalmus maximus* Rafinesque) and halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) ? Aquacult. Res. 37, 306-312.

- Kahn, I. A. & Thomas, P. 1999. Ovarian cycle, teleost fish. In: Encyclopedia of Reproduction, Vol. 3. (eds. E. Knobil & J. D. Neill), 552-64. Academic Press, San Diego
- Karnaky, K.J., Henson, J.H., Sojka, K., Stidham, J.D., Clayton, C., Hawkins, S.J., Miller, D.S. (1998) Excretion of multispecific organic anion transporter (MOAT) substrates by dogfish shark (*Squalus acanthias*) rectal gland tubules. Bulletin of the Mount Desert Island Biological Laboratory Vol. 37, 91-92.
- Kvenseth, P.G. & Øiestad, M. V. (1984). Large scale rearing of cod fry on natural food production in an enclosed pond. The Propagation of Cod, *Gadus morhua* L. (eds. Dahl, E., Danielsen, D.S., E. Noksness E., & Solemdal, P.), pp. 645-55. Flødevigen Tapportser., 1.
- Lambert, Y., Dutil, J.D., Munro, J.. (1994). Effects of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51, 1569-1576.
- Lenzi, M. & Salvatori, R. (1989). Management of a module for sole eggs production. In: Aquaculture: A Biotechnology in Progress. Proceedings of the International Conference Aquaculture Europe 87' Amsterdam, 2-5 June 1987 (ed. by De Pauw, N, Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N.), p. 549. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium.
- Lund, I., Steenfeldt, S.J.S., Hansen, B.W. (2007). Effect of dietary arachidonic acid, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on survival, growth and pigmentation in larvae of common sole (*Solea solea* L.). Aquaculture 273, 532-544.(se bilag IX)
- Lund, I., Steenfeldt, S.J.S., Suhr, K.I., Hansen, B.W. (2008a). A comparison of fatty acid composition and quality aspects of eggs and larvae from cultured and wild broodstock of common sole (*Solea solea* L.). Aquaculture Nutrition, Vol. 14, 6 544-566 (se bilag I).
- Lund, I., Steenfeldt, S.J.S., Banta, G., Hansen, B.W. (2008b). The influence of dietary concentrations of arachidonic acid and eicosapentaenoic acid at various stages of larval ontogeny on eye migration, pigmentation and prostaglandin content of common sole larvae (*Solea solea* L.). Aquaculture 276, 143-153 (se bilag X)
- Lund, I., Steenfeldt, S. J., Hansen B. W. The consequence of the species of live prey and their biochemical composition on early fitness of common sole larvae (*Solea solea* L.) Unpubl. Data (Se bilag IV)
- Lund, I., Steenfeldt, S. J., Hansen B. W .Pigmentation sensitivity of common sole (*Solea solea* L.) larvae to low dietary inclusions of arachidonic acid. Unpubl data. (se bilag VII)
- Khan, I. A., and Thomas, P. (1999). Ovarian cycle, Teleost Fish. In Encyclopedia of Reproduction, Vol. 3. pp. 552-564. Academic Press, San Diego.
- Mckenzie, D.J., Lund, I., Pedersen, P.B. (2008). Metabolic rate and tolerance of hypoxia in common sole (*Solea solea*) larvae and juveniles raised on *Artemia* with different essential fatty acid compositions. Marine Biology, 154, 1041-1051 (se bilag VIII)
- McEvoy, L.A. (1984) Ovulatory rhythms and over-ripening of eggs in cultivated turbot, *Scophthalmus maximus* L. Journal of Fish Biology, 24, 437-448.

Ramsay, K. & Witthames, P.R. (1996). Using oocyte size to assess seasonal ovarian development in *Solea solea* (L.) Journal of Sea Research 36, 275-283.

Rodgers, P.E., Read, A., Meun, G. (2005). Benefits of Responsible Fishing: The impact of an innovative trial of voluntary restraint, report for the EU Directorate-General for Fisheries, Contract No. 2003/C 115/08-17, CFER, Lincoln.

Sargent, J.R., Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R. (1995). Requirement criteria for essential fatty acids. J. Appl. Ichthyol. 11, 1983-1998.

Schram E., Van der Heul J.W., Kamstra A., Verdegem M.C.J. (2006) Stocking density-dependent growth of Dover sole (*Solea solea*). Aquaculture 252, 339-347.

Slinn D. J. (1970) An infestation of adult Lernaecera (Copepoda) on wild sole, *Solea solea*, kept under hatchery conditions. Journal of Marine Biological Association, UK 50, 787-800.

Tocher, D.R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Rev. Fish. Sci. 11(2), 107-184.

Villalta, M., Estevéz, A., Brandsen, M.P. (2005). Arachidonic acid enriched live prey induces albinism in Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. Aquaculture 245, 193-209.

Villalta, M., Estévez, A., Bransden, M.P., Bell, J.G. (2007). Arachidonic acid, arachidonic/eicosapentaenoic acid ratio, stearidonic acid and eicosanoids are involved in dietary-induced albinism in senegal sole (*Solea senegalensis*). Aquacult. Nutr. 13, 1-9.

Witthames, P.R. Greer Walker, M., Dinis, M.T. & Whiting, C.L. (1995). The geographic variation in the potential annual fecundity of Dover sole *Solea solea* (L.) from European shelf waters during 1991. Netherlands Journal of Sea Research, 34, 45-58.

Witthames, P. R., Greenwood, L. and Lyons, B. (1999). Ovarian atresia in *Solea solea* (L). In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> international symposium on the reproductive Physiology of Fish, Bergen 1999. (eds B. Norberg, O.S. Kjesbu, G.L. Tarangere, E. Anderssen, S.O. Stefanson). P. 106. Jon Greg AS Bergen.

## **Bilagsoversigt**

(ikke medtaget i DTU Aqua-rapporten; kan rekvireres ved henv. hos forfatterne)

### **I)**

Lund, I., Steenfeldt, S.J.S., Suhr, K.I., Hansen, B.W. (2008). A comparison of fatty acid composition and quality aspects of eggs and larvae from cultured and wild broodstock of common sole (*Solea solea* L.). Aquaculture Nutrition, Vol. 14, 6, 544-566

### **II)**

Gydninger 2003-2006

### **III)**

Sammenligning af larver og yngel produceret af opdrættede kontra vilde moderfisk

### **IV)**

Lund, I., Steenfeldt, S. J., Hansen B. W. The consequence of the species of live prey and their biochemical composition on early fitness of common sole larvae (*Solea solea* L.) Unpubl. Data.

### **V)**

Sammenlignende studie af vækst og overlevelse af tunge fra larver til markedsstørrelse i relation til forskelle i larve foderet (hjuldry vs. *Artemia*)

### **VI)**

Indflydelse af forskellige hjuldry berigelsestider på fedtsyresammensætning, vækst og overlevelse hos tunge-larver

### **VII)**

Lund, I., Steenfeldt, S. J., Hansen B. W. Pigmentation sensitivity of common sole (*Solea solea* L.) larvae to low dietary inclusions of arachidonic acid. Unpubl. Data.

## **VIII)**

Mckenzie, D.J., Lund, I., Pedersen, P.B. (2008) Metabolic rate and tolerance of hypoxia in common sole (*Solea solea*) larvae and juveniles raised on *Artemia* with different essential fatty acid compositions. Mar. Biol. 154, 1041-1051.

## **IX)**

Lund, I., Steenfeldt, S.J.S., Hansen, B.W. (2007). Effect of dietary arachidonic acid, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on survival, growth and pigmentation in larvae of common sole (*Solea solea* L.). Aquaculture 273, 532-544.

## **X)**

Lund, I., Steenfeldt, S.J.S., Banta, G., Hansen, B.W. (2008). The influence of dietary concentrations of arachidonic acid and eicosapentaenoic acid at various stages of larval ontogeny on eye migration, pigmentation and prostaglandin content of common sole larvae (*Solea solea* L.). Aquaculture, 276 143-153.

## **XI)**

Overton J.L., Steenfeldt, S.J., Pedersen, P.B. The effects of size grading on growth and survival of juvenile Dover sole (*Solea solea* L.) reared in recirculation systems. Unpubl. data

## **XII)**

Besøg ved hollandsk kommercielt anlæg for produktion af tunge – Solea BV.



## DTU Aqua-rapportindex

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DTU Aquas hjemmeside [www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk), hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- Nr. 158-06 Østers (*Ostrea edulis*) i Limfjorden. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
- Nr. 159-06 Optimering af fangstværdien for jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*) – forsøg med fangst og opbevaring af levende jomfruhummere. Lars-Flemming Pedersen
- Nr. 160-06 Undersøgelse af smoltudtrækket fra Skjern Å samt smoltdødelighed ved passage af Ringkøbing Fjord 2005. Anders Koed
- Nr. 161-06 Udsætning af geddeyngel i danske søer: Effektivurdering og perspektivering. Christian Skov, Lene Jacobsen, Søren Berg, Jimmi Olsen og Dorte Bekkevold
- Nr. 162-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 162a-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Bilagsrapport. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 163-06 Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som redskab i økosystem beskrivelse. Rasmus Skoven
- Nr. 164-06 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 165-06 A pilot-study: Evaluating the possibility that Atlantic Herring (*Clupea harengus* L.) exerts a negative effect on lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea, using IBTS-and TBM-data. Mikael van Deurs
- Nr. 166-06 Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 167-06 Blåmuslinge- og Stillehavssøstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 168-06 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

- Nr. 169-07      Produktion af blødskallede strandkrabber i Danmark - en ny marin akvakulturproduktion. Knud Fischer, Ulrik Cold, Kevin Jørgensen, Erling P. Larsen, Ole Saugmann Rasmussen og Jens J. Sloth.
- Nr. 170-07      Den invasive stillehavsøsters, *Crassostrea gigas*, i Limfjorden - inddragelse af borgere og interessenter i forslag til en forvaltningsplan. Helle Torp Christensen og Ingrid Elmedal.
- Nr. 171-07      Kystfodring og kystøkologi - Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsdén, Per Sørensen og Sune Riis Sørensen.
- Nr. 172-07      Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 173-07      Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 174-07      Abildtrup Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 175-07      Nørå Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 176-07      Rens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 177-08      Implementering af mere selektive og skånsomme fiskerier – konklusioner, anbefalinger og perspektivering. J. Rasmus Nielsen, Svend Erik Andersen, Søren Eliassen, Hans Frost, Ole Jørgensen, Carsten Krog, Lone Grønbæk Kronbak, Christoph Mathiesen, Sten Munch-Petersen, Sten Sverdrup-Jensen og Niels Vestergaard.
- Nr. 178-08      Økosystemmodel for Ringkøbing Fjord - skarvbestandens påvirkning af fiskebestandene. Anne Johanne Dalsgaard, Villy Christensen, Hanne Nicolajsen, Anders Koed, Josianne Støttrup, Jane Grooss, Thomas Bregnballe, Henrik Løkke Sørensen, Jens Tang Christensen og Rasmus Nielsen.
- Nr. 179-08      Undersøgelse af sammenhængen mellem udviklingen af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt. Else Nielsen, Josianne Støttrup, Hanne Nicolajsen og Thomas Bregnballe.
- Nr. 180-08      Kunstig reproduktion af ål: ROE II og IIB. Jonna Tomkiewicz og Henrik Jarlbæk

- Nr. 181-08 Blåmuslinge- og stillehavssøstersbestandene i det danske Vadehav 2007. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 182-08 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 183-08 Taskekrabben – Biologi, fiskeri, afsætning og forvaltningsplan. Claus Stenberg, Per Dolmer, Carsten Krog, Siz Madsen, Lars Nannerup, Maja Wall og Kerstin Geitner.
- Nr. 184-08 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 185-08 Erfaringsopsamling for muslingeopdræt i Danmark. Helle Torp Christensen, Per Dolmer, Hamish Stewart, Jan Bangsholt, Thomas Olesen og Sisse Redeker.
- Nr. 186-08 Smoltudvandring fra Storå 2007 samt smoltdødelighed under udvandringen gennem Felsted Kog og Nisum Fjord. Henrik Baktoft og Anders Koed.
- Nr. 187-08 Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 188-08 Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 189-08 The production of Baltic cod larvae for restocking in the eastern Baltic. RESTOCK I. 2005-2007. Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Sune R. Sørensen (eds.)
- Nr. 190-08 USER'S MANUAL FOR THE EXCEL APPLICATION "TEMAS" or "Evaluation Frame". Per J. Sparre.
- Nr. 191-08 Evaluation Frame for Comparison of Alternative Management Regimes using MPA and Closed Seasons applied to Baltic Cod. Per J. Sparre.
- Nr. 192-08 Assessment of Ecosystem Goods and Services provided by the Coastal Zone System Limfjord. Anita Wiethüchter.
- Nr. 193-08 Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for "Måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug". Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Susanne Bouttrup, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard og Karin Suhr.
- Nr. 194-08 Omsætning af ammonium-kvælstof i biofiltre på Modeldambrug. Karin Isabel Suhr, Per Bovbjerg Pedersen, Lars M. Svendsen, Kaare Michelsen og Lisbeth Jess Plesner.

- Nr. 195-08 Fangst, opbevaring og transport af levende danske jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*). Preben Kristensen og Henrik S. Lund.
- Nr. 196-08 Udsætning af geddeyngel som bestandsophjælpning i danske brakvandsområder – effektvurdering og perspektivering. Lene Jacobsen, Christian Skov, Søren Berg, Anders Koed og Peter Foged Larsen.
- Nr. 197-08 Manual to determine gonadal maturity of herring (*Clupea harengus* L) Rikke Hagstrøm Bucholtz, Jonna Tomkiewicz og Jørgen Dalskov.
- Nr. 198-08 Can alerting sounds reduce bycatch of harbour porpoise? Lotte Kindt-Larsen.
- Nr. 199-08 Udvikling af produktionsmetoder til intensivt opdræt af sandartyngel. Svend Steinfeldt og Ivar Lund.
- Nr. 200-08 Opdræt af Tunge (*Solea solea*) - undersøgelse af mulighederne for kommercialisering. Per Bovbjerg Pedersen, Ivar Lund, Svend Jørgen Steinfeldt, Julia Lynne Overton og Mads Nunn.